

TENT COOPERATION TREY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler &
Zinkler
Postfach 71 08 67
81458 München
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 11 June 2001 (11.06.01)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference FH000901PCT	
International application No. PCT/EP00/08805	International filing date (day/month/year) 08 September 2000 (08.09.00)

1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant ☐ the inventor ☒ the agent ☐ the common representative

Name and Address

SCHOPPE, Fritz
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler
Postfach 71 08 67
81458 München
Germany

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

089/7904450

Facsimile No.

089/7902215

Teleprinter No.

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person ☐ the name ☒ the address ☐ the nationality ☐ the residence

Name and Address

SCHOPPE, Fritz
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler &
Zinkler
Postfach 71 08 67
81458 München
Germany

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

089/7904450

Facsimile No.

089/7902215

Teleprinter No.

3. Further observations, if necessary:

The indication of a new address of the agent on the Demand (Form PCT/IPEA/401) has been considered a request for recording a change under Rule 92bis. In case of disagreement, the International Bureau should be notified immediately.

4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office ☐ the designated Offices concerned
☐ the International Searching Authority ☒ the elected Offices concerned
☒ the International Preliminary Examining Authority ☐ other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer F. Baechler Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	---

THIS PAGE BLANK (USPTO)

EP0008805

THIS PAGE BLANK (USPTO)

National Phase of PCT/EP00/08905 in U.S.A.

Title: Hall Sensor Array for Measuring a Magnetic Field with
Offset Compensation

Applicants: HOHE; WEBER; SAUERER

Translation of Amendments under Art. 34 PCT
as attached to the IPER

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**Hall Sensor Array for Measuring a Magnetic Field
with Offset Compensation**

5

Description

The present invention relates generally to Hall sensors and in particular to the arrangement and control of several Hall sensor elements in a Hall sensor array for magnetic field measurement with offset compensation.

10

An individual Hall sensor element generally consists of an n-doped active semiconductor region on a p-doped semiconductor substrate. The n-doped active region is normally connected to an external control logic via four contact electrodes or contact terminals which are arranged diagonally opposite one another in the active region. The four contact electrodes of the Hall sensor element subdivide into two facing control current contact electrodes, which serve to generate a current flow through the active region, and two facing voltage tapping contact electrodes, which serve to tap a Hall voltage, which arises when a magnetic field is applied at right angles to the current flow in the active region, to act as a sensor signal.

15

20

A Hall sensor array according to the generic clause of claim 1 in which two or four Hall sensor elements are used to compensate the disturbing effect of a particular crystal direction is known from the European patent specification EP-0548391 B1. The angular separation of the individual Hall sensor elements is fixed, lying between 0° and 180°. The angle is chosen according to the crystal direction of the semiconductor material which is used. According to EP-0548391 each Hall element is fed from a separate current source, so that a constant current is impressed on each element. The Hall voltages tapped off at the individual Hall elements in the Hall detector are connected in parallel in a

30

35

THIS PAGE BLANK (USPTO)

switching stage. A common value is thus imposed on the Hall voltages of the individual elements, so that compensating currents may result.

5 As is known, inhomogeneities or faults in the semiconductor material of the active region often arise in the manufacturing processes of semiconductor structures due to the nature of production. Even with very refined manufacturing methods, these inhomogeneities cannot be avoided completely. These inhomogenei-
10 ties are often the cause of an offset of the sensor signal. This means that a sensor signal is detected at the contact electrodes at which the Hall voltage is tapped off even when no magnetic field is being applied to the active region. This disturbing sensor signal is termed the offset of the useful sensor signal
15 or simply the offset signal. Owing to the strong dependence of the offset signal on the inhomogeneities, traditional Hall sensor elements are subject to considerable scatter from one element to another. In addition there is a marked adverse effect on the sensitivity and measurement accuracy of the Hall sensors.
20 For this reason, offset compensation and the correct evaluation of the sensor signals generally entail a costly circuit investment.

So-called piezo effects, which are strongly dependent on the
25 crystal direction of the semiconductor material used, constitute another problem area in Hall sensor arrays. These piezo effects can produce a considerable offset signal through mechanical stresses caused by external forces (e.g. due to the housing) or through mechanical stresses in the crystal lattice of the semi-
30 conductor material. Attempts have been made to overcome these problems, either by matching the Hall sensor array to the crystal direction of the semiconductor material or by compensating the piezo effects through a suitable choice of the current directions in the semiconductor material depending on the crystal
35 direction. However, these measures involve very complicated

THIS PAGE BLANK (USPTO)

manufacturing processes for the Hall sensor arrays since it is necessary to take into account both the crystal orientation of the semiconductor surface and also the orientation of the Hall sensor elements to one another and in relation to the crystal orientation.

Starting from this prior art it is the object of the present invention to provide an improved Hall sensor array which is also less complicated to manufacture.

This object is achieved by a Hall sensor array according to claim 1.

The present invention is based on the finding that the sensor signal offset contribution in a Hall sensor array can be greatly reduced through the above geometrical arrangement of the individual Hall sensor elements of the pairs and the interwiring of the terminals, making it possible to supply an offset signal which is already precompensated. With the arrangement and interwiring of the Hall sensor elements according to the present invention it is possible to make the measured Hall voltage independent of the crystal direction of the semiconductor material.

According to the present invention the Hall sensor elements are operated in the so-called "spinning current" mode. In spinning current operation the measurement direction is rotated continuously in a cycle by e.g. 90° at a particular clock frequency, i.e. the operating current flows from one electrode to the facing contact electrode, the Hall voltage being tapped off at the transverse contact electrodes, whereupon the measurement direction is rotated through 90° at the next cycle, i.e. the next measurement phase. The Hall voltages measured in the individual measurement phases are evaluated by a suitable correctly signed and weighted summation or subtraction. The offset still contained in the individual measurement phases can be reduced still

THIS PAGE BLANK (USPTO)

further or the offset voltages during a revolution should roughly cancel one another out, so that the parts of the Hall signal which really depend on the magnetic field are retained.

- 5 Because of the orientation and interwiring of the Hall sensor elements according to the present invention it is no longer necessary to take the crystal direction of the semiconductor material into account, whereby the influence on the measured Hall voltage of the piezo effects dependent on the crystal direction
10 of the semiconductor material can effectively be eliminated completely.

Since the strong dependence of the offset signal both on the crystal direction of the semiconductor material and on the inhomogeneities and irregularities in the semiconductor material is
15 effectively eliminated by the Hall sensor array according to the present invention, a considerable increase in the sensitivity and measurement accuracy

THIS PAGE BLANK (USPTO)

elements 1A, 2A, 1B, 2B are respectively connected in a parallel arrangement and are wired together without intermediate switches. In the representation shown the contact electrodes K1 and the contact electrodes K3 of the Hall sensor elements 1A, 2A, 1B, 2B constitute the current feed contacts while the contact electrodes K2 and the contact electrodes K4 of the Hall sensor elements 1A, 2A, 1B, 2B provide the measurement terminals for measuring a Hall voltage. The contact electrodes for feeding in an operating current and the contact electrodes for measuring a Hall voltage are so arranged in the individual Hall sensor elements that the current direction of the impressed operating current is in each case perpendicular to the direction of the tapped Hall voltage.

In the present invention the operating current directions in the two Hall sensor elements of each pair are oriented at 90° to each other. The current directions of the second Hall sensor element pair are offset at an angle of 45° to the current directions of the first Hall sensor element pair.

In the practical implementation of the Hall sensor array according to the present invention the angle at which the operating current directions in the two Hall sensor elements of each pair are oriented to one another can deviate from the ideal value of 90° and lie in a range of e.g. 80° to 100° , angles in this range being regarded as angles of essentially 90° in the sense of the present invention. This applies also to the angle by which the current directions of the second Hall sensor element pair are offset relative to the current directions of the first Hall sensor element pair, which can be chosen to be e.g. in the range 40° to 50° and thus effectively equal to 45° . It should be noted, however, that the offset compensation of the Hall sensor array which is achieved may decrease with increasing deviation from the ideal angles considered as optimal, namely 90° and 45° .

THIS PAGE BLANK (USPTO)

The rigidly interwired contact electrodes K1, K2, K3, K4 of the Hall sensor elements 1A, 2A, 1B, 2B are connected to switches S1, S2, S3, S4, each of which can be switched between four positions, i.e. between the contact electrodes K1, K2, K3, K4. With the switches S1, S2, S3, S4 the contact electrodes K1, K2, K3, K4 can respectively be switched over together to act as power supply terminals for supplying an operating current $I_{operation}$ or as measurement terminals for measuring a Hall voltage U_{Hall} .

10 A further embodiment of the Hall sensor array according to the present invention (not shown explicitly) can provide more than two pairs of Hall sensor elements. In this case, too, the operating current directions in the two Hall sensor elements of each pair are oriented substantially at 90° to each other. Here, too, the two Hall sensor elements of each pair must be geometrically the same and be close to one another relative to the dimensions of the Hall sensor elements and they can be arranged one under the other, next to each other or along a diagonal in the complete sensor array. The current directions of the two or more Hall sensor element pairs are respectively oriented at an angle of essentially $90^\circ/n$ to one another, n being the total number of Hall sensor element pairs which are used and $n \geq 2$. For example, if three Hall sensor element pairs are used, the current directions of the individual Hall sensor element pairs are offset at an angle of approx. 30° to each other. The element pairs of the sensor array are arranged either next to each other or along the diagonal, the pairs of Hall sensor elements being as close to one another as possible.

30 In this arrangement, too, the contact electrodes for supplying an operating current $I_{operation}$ (or a supply voltage) and also the contact electrodes for tapping the Hall voltage U_{Hall} are connected in a parallel arrangement and rigidly wired together without intervening switches.

35

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Through the Hall sensor array with two pairs of Hall sensor elements, see Fig. 1, or with several pairs of Hall sensor elements according to the present invention the geometric placing of the Hall sensor elements already results in a precompensated offset
5 signal in each measurement phase. This means e.g. that a subsequent amplifier can be operated with higher amplification since it cannot so easily become saturated. Through the cyclic change-over (e.g. spinning current operation) of the operating current directions and a suitable correctly signed and weighted summation or subtraction of the signals of the individual measurement
10 phases, the precompensated sensor signal offset contribution which still remains in the individual measurement phases during spinning current operation is reduced further since the sensor signal offset contributions due to inhomogeneities and stresses
15 in the semiconductor material are substantially eliminated.

The specified geometric arrangement of the sensors is advantageous here since the offset contribution of a single Hall sensor element with only four terminals is smaller than that of a Hall
20 sensor element with a different geometry, e.g. with eight contact electrodes. The resulting offset contribution which remains after cyclic changeover and weighting is therefore also smaller. With its geometric arrangement for the Hall sensor array and employing the spinning current method the arrangement according to
25 the present invention provides a Hall voltage with an extremely small offset contribution. This Hall voltage is also independent of the crystal direction used in the Hall sensor array manufacturing process and of the orientation of the Hall sensor elements to this crystal direction.

30 The Hall sensor array is usually implemented as a monolithic integrated component, which can also accommodate not only the Hall sensor array but also a current supply for the Hall sensor elements as well as an electronic evaluation circuit for the Hall
35 voltage. Traditional silicon semiconductor technology employing

THIS PAGE BLANK (USPTO)

known bipolar or MOS manufacturing processes generally provides the basis for manufacturing this circuit arrangement. With the arrangement according to the present invention the known disadvantages of silicon as a Hall sensor element material, i.e. a low Hall sensitivity and the big influence of the piezo effect, which leads to the sensor signal offset contribution, and also the influence of inhomogeneities in the semiconductor material, can substantially be overcome.

10 With the parallel connection of the respective contact electrodes K1, K2, K3, K4 of the individual Hall sensor elements, which has been described above, only four output terminals are provided in the Hall sensor array treated here. With relatively simple circuitry it is possible to switch between these from one measurement phase to the next and to connect them to the evaluation electronics. With this fixed wiring it is possible not only to achieve the advantages as regards offset compensation described above but also to keep the circuitry simple, thus making possible a simpler and therefore cheaper fabrication of these Hall sensor arrays compared with traditional Hall sensors.

To clarify the concept according to the present invention some examples of other alternative arrangements of the Hall sensor elements according to the present invention are described below. It should be noted that the Hall sensor elements of a pair must be geometrically identical to each other, whereas, on the other hand, the Hall sensor elements of different pairs may have different geometries. Thus additional optimization can be achieved for individual applications or areas of application of the Hall sensor array.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Claims

1. Hall sensor array comprising a first (1A, 1B) and at least
5 one additional pair (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of Hall sensor
elements,

10 wherein each Hall sensor element (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B,
2A, 2B, 3A, 3B) has four terminals (K1, K2, K3, K4), of
which two terminals (K1, K3) act as power supply terminals
for supplying an operating current ($I_{\text{operation}}$) and two termi-
nals (K2, K4) act as measurement terminals for measuring a
Hall voltage (U_{Hall}),

15 wherein the Hall sensor elements (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B,
2A, 2B, 3A, 3B) are so arranged that the current directions
of the operating current ($I_{\text{operation}}$) in the two Hall sensor
elements of each pair are offset at an angle of approx. 90°
to one another,

20 wherein the Hall sensor elements (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B)
of the additional pair(s) are so arranged that their cur-
rent directions of the operating current ($I_{\text{operation}}$) are off-
set at an angle of approx. $90^\circ/n$ to the current directions
25 of the operating current ($I_{\text{operation}}$) of the first pair (1A,
1B) of Hall sensor elements, n being the total number of
Hall sensor element pairs,

30 wherein respective first terminals of the measurement ter-
minals (K2) of the Hall sensor elements and respective sec-
ond terminals of the measurement terminals (K4) of the Hall
sensor elements are connected together for measurement of
the Hall voltage (U_{Hall}),

THIS PAGE BLANK (USPTO)

wherein the Hall sensor array also has switches (S1, S2, S3, S4) and wherein the respective terminals (K1, K2, K3, K4) of the Hall sensor elements (1A, 1B, 2A, 2B) are connected to the switches (S1, S2, S3, S4) so that the respective first and second supply terminals (K1, K3) for supplying an operating current ($I_{operation}$) and the respective first and second measurement terminals (K2, K4) for measuring a Hall voltage (U_{Hall}) can be switched over from one measurement to a subsequent measurement in such a way that the current directions of the operating current ($I_{operation}$) in the Hall sensor elements (1A, 1B, 2A, 2B) and the Hall voltage tapping directions can be rotated through approx. 90° from one measurement to a subsequent measurement,

wherein the Hall sensor array also has a control unit via which the switches (S1, S2, S3, S4) are controllable in such a way that the Hall sensor array is operable in spinning current operation for generating a Hall signal and wherein the offset voltages of the Hall sensor elements approximately cancel one another out in a revolution so that the Hall signal contributions which actually depend on the magnetic field remain,

characterized in that

respective first supply terminals (K1) of each Hall sensor element (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) are connected together and to a first terminal of a common voltage source ($U_{operation}$) and respective second supply terminals (K3) of each Hall sensor element are connected together and to the second terminal of the common voltage source ($U_{operation}$) so that the common voltage source ($U_{operation}$) supplies an operating current ($I_{operation}$) for the Hall sensor elements.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2. Hall sensor array according to claim 1, wherein the first supply terminals (K1) are connected together electrically by being interwired, the second supply terminals (K3) are connected together electrically by being interwired, the first measurement terminals (K2) are connected together electrically by being interwired and the second measurement terminals (K4) are connected together electrically by being interwired.
3. Hall sensor array according to claim 1 or 2, wherein the Hall sensor elements of a pair are geometrically identical.
4. Hall sensor array according to one of the claims 1 to 3, wherein the Hall sensor elements of different pairs are geometrically different.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

SCHOPPE, ZIMMERMANN & STÖCKELER

Patentanwälte · Postfach 710867 · 81458 München

Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der
angewandten Forschung e. V.
Leonrodstraße 54
80636 München
DE

PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys

Fritz Schoppe, Dipl.-Ing.
Tankred Zimmermann, Dipl.-Ing.
Ferdinand Stöckeler, Dipl.-Ing.

Telefon/Telephone 089/790445-0
Telefax/Facsimile 089/7902215
Telefax/Facsimile 089/74996977
e-mail 101345.3117@CompuServe.com

**Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten
Magnetfeldmessung**

Postanschrift / Mail address: Postfach / P. O. Box 710867, 81458 München
Kanzleianschrift / Office address: Irmgardstraße 22, 81479 München
Bankverbindung / Bankers: HypoVereinsbank Grünwald, Kontonummer 2960155028 (BLZ 70020010)
Postgiroamt München, Kontonummer 315720-803 (BLZ 70010080)
USt-Id Nr./VAT Registration Number DE 130575439

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Hall-Sensoren und insbesondere die Anordnung und Ansteuerung mehrerer Hall-Sensorelemente in einer Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung.

Ein einzelnes Hall-Sensorelement ist im allgemeinen aus einem n-dotierten aktiven Halbleiterbereich auf einem p-dotierten Halbleitersubstrat aufgebaut. Der n-dotierte aktive Bereich ist üblicherweise über vier Kontaktelektroden bzw. Kontaktanschlüsse, die diagonal gegenüberliegend in dem aktiven Bereich angeordnet sind, mit einer externen Ansteuerlogik verbunden. Die vier Kontaktelektroden des Hall-Sensorelements unterteilen sich in zwei gegenüberliegende Steuerstromkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um einen Stromfluß durch den aktiven Bereich zu erzeugen, und ferner in zwei gegenüberliegende Spannungsabgriffkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um eine Hall-Spannung, die bei einem anliegenden Magnetfeld senkrecht zu dem Stromfluß in dem aktiven Bereich auftritt, als Sensorsignal abzugreifen.

Aus der Europäischen Patentschrift EP-0548391 B1 ist eine Hall-Sensoranordnung bekannt, bei der zwei oder vier Hall-Sensorelemente zur Kompensation des Störeinflusses einer bestimmten Kristallrichtung verwendet werden. Die einzelnen Hall-Sensorelemente sind um einen bestimmten Winkel zueinander gedreht, der zwischen 0° und 180° liegt. Der Winkel ist dabei entsprechend der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials gewählt.

Bekanntermaßen treten bei den Herstellungsprozessen von Halbleiterstrukturen produktionsbedingt häufig Inhomogenitäten oder Störungen in dem Halbleitermaterial des aktiven Be-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

reichs auf. Diese Inhomogenitäten lassen sich auch mit aufwendigen Herstellungsverfahren nicht vollständig vermeiden. Diese Inhomogenitäten sind häufig ein Grund für das Auftreten eines Offsets des Sensorsignals. Das heißt, an den Kontaktelektroden, an denen die Hall-Spannung abgegriffen wird, wird auch dann ein Sensorsignal erfaßt, wenn kein Magnetfeld an dem aktiven Bereich anliegt. Dieses störende Sensorsignal wird als der Offset des Sensornutzsignals oder einfach auch als Offset-Signal bezeichnet. Durch die starke Abhängigkeit des Offset-Signals von den Inhomogenitäten treten bei herkömmlichen Hall-Sensorelementen große Exemplarstreuungen auf. Ferner wird die Empfindlichkeit und die Meßgenauigkeit der Hall-Sensoren stark beeinträchtigt. Aus diesem Grund ist eine Offset-Kompensation und eine korrekte Auswertung der Sensorsignale im allgemeinen mit einem großen schaltungstechnischen Aufwand verbunden.

Eine weitere Problematik bei Hall-Sensoranordnungen stellen die sogenannten Piezoeffekte dar, die stark von der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials abhängig sind. Die Piezoeffekte können durch mechanische Verspannungen, die aufgrund äußerer Kräfte (z.B. durch das Gehäuse) hervorgerufen werden, oder durch mechanische Spannungen im Kristallgefüge des Halbleitermaterials ein beträchtliches Offset-Signal hervorrufen. Man hat versucht, diese Problematik zu überwinden, indem entweder die Hall-Sensoranordnung an die Kristallrichtung des Halbleitermaterials angepaßt wurde oder indem die Piezoeffekte durch eine geeignete Wahl der Stromrichtungen im Halbleitermaterial in Abhängigkeit von der Kristallrichtung kompensiert wurden. Diese Maßnahmen haben jedoch zur Folge, daß die Herstellungsprozesse dieser Hall-Sensoranordnungen sehr aufwendig sind, da sowohl die Kristallausrichtung der Halbleiteroberfläche als auch die Ausrichtung der Hall-Sensorelemente zueinander und bezüglich der Kristallorientierung beachtet werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte und we-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

niger aufwendig herstellbare Hall-Sensoranordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung, die ein erstes und wenigstens ein weiteres Paar von Hall-Sensorelementen umfaßt, wobei jedes Hall-Sensorelement vier Anschlüsse aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms und ein zweiter und ein vierter Anschluß als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist. Die ersten Anschlüsse, die dritten Anschlüsse, die zweiten Anschlüsse und die vierten Anschlüsse der Hall-Sensorelemente sind jeweils elektrisch miteinander verbunden, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen die Hall-Spannung meßbar ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der in einer Hall-Sensoranordnung auftretende Offset-Anteil des Sensorsignals durch die oben ausgeführte geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelemente der Paare und der Verschaltung der Anschlüsse stark verringert und somit bereits ein vorkompensiertes Offset-Signal geliefert

THIS PAGE BLANK (USPTO)

werden kann. Durch die erfindungsgemäße Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente kann eine Unabhängigkeit der erfaßten Hall-Spannung von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials erreicht werden.

Besondere Bedeutung hat die erfindungsgemäße geometrische Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente vor allem für den sogenannten "Spinning-Current"-Betrieb. Der Spinning-Current-Betrieb besteht darin, daß die Meßrichtung ständig mit einer bestimmten Taktfrequenz um beispielsweise 90° zyklisch weitergedreht wird, d.h. der Betriebsstrom fließt von einer zu der gegenüberliegenden Kontaktelektrode, wobei die Hall-Spannung an den quer dazu liegenden Kontaktelektroden abgegriffen wird, woraufhin dann beim nächsten Zyklus, d.h. der nächsten Meßphase, die Meßrichtung um 90° weitergedreht wird. Die in den einzelnen Meßphasen gemessenen Hall-Spannungen werden durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion ausgewertet, wobei der in der einzelnen Meßphase noch enthaltene Offset weiter reduziert werden kann bzw. sich die Offset-Spannungen bei einem Umlauf annähernd gegenseitig aufheben sollen, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrig bleiben.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Orientierung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente ist es somit nicht mehr notwendig, die Kristallrichtung des Halbleitermaterials zu berücksichtigen, wodurch der Einfluß der von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials abhängigen Piezoeffekte auf die erfaßte Hall-Spannung im wesentlichen vollständig beseitigt werden kann.

Da die starke Abhängigkeit des Offset-Signals sowohl von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials als auch von den Inhomogenitäten oder Störungen im Halbleitermaterial durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung im wesentlichen beseitigt ist, wird eine beträchtliche Erhöhung der Empfindlichkeit und der Meßgenauigkeit durch diese Hall-Sensoran-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ordnung erreicht. Aus diesem Grund kann der schaltungstechnische Aufwand, der für eine korrekte Auswertung und Weiterverarbeitung der Sensorsignale erforderlich ist, bei der Hall-Sensoranordnung der vorliegenden Erfindung niedrig gehalten werden.

Aufgrund der verbesserten Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit entsprechend dem niedrigeren Offset-Anteil des Sensorsignals der Hall-Sensoranordnung erhöht sich ferner die nutzbare Auflösung der erfaßten Hall-Spannung.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der Schaltungsaufwand der Hall-Sensoranordnung weiter verringert werden kann, da durch die untereinander feste Verschaltung der Hall-Sensorelemente eine gemeinsame Betriebsstromeinprägung in alle Hall-Sensorelemente und ein gemeinsamer Abgriff aller Hall-Signale der Hall-Sensorelemente verwendet werden kann. Dadurch wird vermieden, daß sowohl die Betriebsströme in jedes Sensorelement einzeln eingespeist als auch die Hall-Spannungen jedes Sensorelements getrennt erfaßt werden müssen. Dadurch lassen sich zusätzliche Schaltungskomponenten, z.B. zusätzliche Schalter, Stromquellen, Zuleitungen usw., vermeiden. Ferner kann die Komplexität der Auswerteschaltung niedrig gehalten werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine prinzipielle Darstellung einer Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 a-c: prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Ausführungen und Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung; und

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 3 a-b: prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird nun im folgenden der allgemeine Aufbau einer Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen dargestellt.

Auf einem Halbleitersubstrat, das vorzugsweise p-dotiert ist, sind vorzugsweise vier rechteckige, aktive Halbleiterbereiche aufgebracht, die im allgemeinen n-dotiert sind. Vorzugsweise in den Ecken der n-dotierten aktiven Bereiche sind Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 angeordnet, die im allgemeinen durch eine n^+ -Dotierung erhalten werden. Die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 sind in dem n-dotierten aktiven Bereich jeweils diagonal gegenüberliegend angeordnet, wobei zwei Kontaktelektroden K1, K3 zur Betriebsstromzuführung und die anderen beiden Kontaktelektroden K2, K4 zum Hall-Spannungsabgriff vorgesehen sind. Die aktiven Bereiche bilden die einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B, wobei bei der in Fig. 1 dargestellten Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen jeweils die Hall-Sensorelemente 1A, 1B und die Hall-Sensorelemente 2A, 2B ein Hall-Sensorelementepaar bilden.

In Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die zwei Hall-Sensorelementepaare in einem Viereck plaziert sind, wobei die einzelnen Paare der Hall-Sensorelemente jeweils diagonal angeordnet sind. Es ist jedoch auch möglich, die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares in der Hall-Sensoranordnung untereinander oder auch nebeneinander zu plazieren.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung sind jeweils die Kontaktelektroden K1, die Kontaktelektroden K2, die Kontaktelektroden K3 und die Kontaktelektroden K4 der einzelnen Hall-Sensorele-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

mente 1A, 2A, 1B, 2B untereinander parallel geschaltet und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet. Bei der vorliegenden Darstellung bilden die Kontaktelektroden K1 und die Kontaktelektroden K3 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Stromeinprägungskontakte, wohingegen die Kontaktelektroden K2 und die Kontaktelektroden K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung liefern. Die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms und die Kontaktelektroden zur Erfassung einer Hall-Spannung sind in den einzelnen Hall-Sensorelement derart angeordnet, daß die Stromrichtung des eingepprägten Betriebsstroms jeweils senkrecht zu der Richtung der abgegriffenen Hall-Spannung ist.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung sind die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares jeweils um 90° zueinander gedreht. Die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares sind gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares um einen Winkel von 45° versetzt.

Bei der praktischen Ausführung der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung kann der Winkel, um den die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares zueinander gedreht sind, auch von dem Idealwert von 90° abweichen und in einem Bereich von z.B. 80° bis 100° liegen, wobei Winkel in diesem Bereich im Sinne der vorliegenden Erfindung als Winkel von im wesentlichen 90° angesehen werden. Dies gilt auch für den Winkel, um den die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares versetzt sind, der beispielsweise in einem Bereich von 40° bis 50° gewählt werden kann und folglich im wesentlichen 45° beträgt. Es ist jedoch zu beachten, daß die erzielte Offset-Kompensation der Hall-Sensoranordnung bei einer steigenden Abweichung von den als optimal erachteten Idealwinkeln, die 90° bzw. 45° betragen, abnehmen kann.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Die untereinander fest verschalteten Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B sind mit Schaltern S1, S2, S3, S4 verbunden, die jeweils zwischen vier Positionen, d.h. zwischen den Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4, umgeschaltet werden können. Mit den Schaltern S1, S2, S3, S4 können die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 in den einzelnen Meßphasen der Hall-Sensoranordnung als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} oder als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung U_{Hall} jeweils gemeinsam umgeschaltet werden.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung (nicht explizit dargestellt) kann darin bestehen, daß mehr als zwei Paare von Hall-Sensorelementen verwendet werden. Dabei sind auch in diesem Fall die Stromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen eines jeden Paares jeweils um im wesentlichen 90° zueinander gedreht. Auch hier müssen die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich und bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart sein, und können in der Gesamt-Sensoranordnung untereinander, nebeneinander oder in einer Diagonalen angeordnet sein. Die Stromrichtungen der mindestens zwei Hall-Sensorelementepaare sind jeweils untereinander um den Winkel von im wesentlichen $90^\circ/n$ gedreht, wobei n die Anzahl der insgesamt verwendeten Hall-Sensorelement-Paare ist, wobei gilt $n \geq 2$. Wenn beispielsweise drei Hall-Sensorelement-Paare verwendet werden, sind die Stromrichtungen der einzelnen Hall-Sensorelementepaare somit um einen Winkel von im wesentlichen 30° untereinander versetzt. Die Elementepaare der Sensoranordnung sind entweder nebeneinanderliegend oder in der Nebendiagonalen angeordnet, wobei sich die Hall-Sensorelemente paarweise möglichst nahe aneinander befinden.

Auch bei dieser Anordnung sind sowohl die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} (oder einer Versorgungsspannung) als auch die Kontaktelektroden zum Abgreifen der Hall-Spannung U_{Hall} parallel geschaltet und ohne da-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

zwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet.

Durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen, siehe Fig. 1, oder auch mit mehreren Paaren von Hall-Sensorelementen entsteht aufgrund der geometrischen Plazierung der Hall-Sensorelemente bereits in jeder Meßphase ein vorkompensiertes Offset-Signal. So kann beispielsweise ein nachfolgender Verstärker mit einer höheren Verstärkung ausgeführt werden, weil derselbe nicht so schnell in eine Sättigung gehen kann. Der in den einzelnen Meßphasen noch enthaltene vorkompensierte Offset-Anteil der Sensorsignale wird durch die zyklische Umschaltung (z.B. Spinning-Current-Betrieb) der Betriebstromrichtungen und durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion der Signale der einzelnen Meßphasen während des Spinning-Current-Betriebs noch weiter reduziert, da die eingangs beschriebenen Offset-Anteile des Sensorsignals aufgrund von Inhomogenitäten oder von Verspannungen im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Dabei ist die angegebene geometrische Anordnung der Sensoren dahingehend von Vorteil, daß der Offset-Anteil eines einzelnen Hall-Sensorelements mit nur vier Anschlüssen kleiner ist als der eines Hall-Sensorelements mit einer anderen Geometrie, z.B. mit acht Kontaktelektroden. Daher verbleibt nach der zyklischen Umschaltung und Gewichtung ebenfalls ein kleinerer resultierender Offset-Anteil. Aufgrund der geometrischen Anordnung der Hall-Sensoranordnung und unter Verwendung des Spinning-Current-Verfahrens liefert die erfindungsgemäße Anordnung eine Hall-Spannung mit äußerst niedrigem Offset-Anteil, wobei die sich ergebende Hall-Spannung unabhängig von der beim Herstellungsprozeß der Hall-Sensoranordnung verwendeten Kristallrichtung bzw. von der Orientierung der Hall-Sensorelemente zu dieser Kristallrichtung ist.

Üblicherweise ist die Hall-Sensoranordnung als monolithisch integriertes Bauelement ausgeführt, wobei in dem Bauelement

THIS PAGE BLANK (USPTO)

neben der Hall-Sensoranordnung auch einer Stromversorgung für die Hall-Sensorelemente als auch eine elektronische Auswerteschaltungen für die Hall-Spannung untergebracht sein können. Die Herstellung dieser Schaltungsanordnung wird im allgemeinen unter Verwendung von üblichen Silizium-Halbleitertechnologien mit bekannten Bipolar- oder MOS-Herstellungsprozessen durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung können die bekannten Nachteile, die Silizium als Hall-Sensorelementmaterial zugeordnet sind, d.h. eine geringe Hall-Empfindlichkeit und der große Einfluß des Piezo-Effekts, der zu dem Offset-Anteil des Sensorsignals führt, als auch der Einfluß von Inhomogenitäten im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Parallelschaltung der jeweiligen Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der einzelnen Hall-Sensorelemente sind bei der vorliegenden Hall-Sensoranordnung insgesamt nur vier Ausgangsverbindungen vorgesehen, die ohne größeren Schaltungsaufwand für die einzelnen Meßphasen einfach umgeschaltet und mit der nachfolgenden Auswerteelektronik verbunden werden können. Aufgrund dieser festen Verdrahtung ist es zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen hinsichtlich einer verbesserten Offset-Kompensation außerdem möglich, den erforderlichen Schaltungsaufwand gering zu halten, wodurch eine einfachere und damit kostengünstigere Herstellung dieser Hall-Sensoranordnungen gegenüber herkömmlichen Hall-Sensoren erreicht werden kann.

Im folgenden sind zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Konzepts einige weitere unterschiedliche Anordnungsmöglichkeiten für die Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung beispielhaft dargestellt. Es ist zu beachten, daß die Hall-Sensorelemente eines Paares untereinander jeweils geometrisch gleich sein müssen, wobei sich aber die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare in der Geometrie unterscheiden können. Dadurch kann eine weitere Optimierung für den jeweiligen Anwendungsfall bzw. den Anwendungsbereich der Hall-Sensoranordnung durchgeführt werden.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

In Fig. 2a sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare die gleiche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2b sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2c sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils diagonal angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit für die geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelementpaare besteht darin, die Hall-Sensorelemente so zu plazieren, daß bezüglich der Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensor-Elemente eine Kreissymmetrie vorliegt.

Eine beispielhafte geometrische Anordnung für zwei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B ist in Fig. 3a dargestellt. Verbindungslinien L1, L2 stellen jeweils die gedachte Verbindung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2 der beiden Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B und 2A, 2B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

In Fig. 3b ist eine beispielhafte geometrische Anordnung für drei Paare von Hall-Sensorelementen dargestellt. Verbindungslinien L1, L2, L3 stellen jeweils die gedachte Verbin-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

dung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2, L3 der drei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

Alle im vorhergehenden, dargestellten Hall-Sensoranordnungen liefern die im vorhergehenden beschriebenen Vorteile bezüglich des verringerten Schaltungsaufwands als auch bezüglich der verbesserten Offset-Eigenschaften.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENTANSPRÜCHE

1. Hall-Sensoranordnung mit folgenden Merkmalen:

einem ersten (1A, 1B) und wenigstens einem weiteren Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen,

wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und ein zweiter und ein vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) derart angeordnet sind, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebstromrichtungen gegenüber den Betriebstromrichtungen des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist, und

wobei die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils elektrisch miteinander verbunden sind, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse (K1, K3) aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom (I_{Betrieb}) zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse (K2, K4) al-

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR LENOX TILDEN FOUNDATION
(ASTOR LENOX TILDEN FOUNDATION)

ler Hall-Sensoranordnungen (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) die Hall-Spannung (U_{Hall}) meßbar ist.

2. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, bei der die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind.
3. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares jeweils nebeneinanderliegend angeordnet sind.
4. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares in einer Diagonalen angeordnet sind.
5. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart zueinander angeordnet sind.
6. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die ferner Schalter (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei die Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B) mit den Schaltern (S1, S2, S3, S4) verbunden sind, so daß die Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) von einer Messung zu einer folgenden Messung um 90° umschaltbar sind.
7. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, die ferner eine Steuereinrichtung aufweist, durch die die Schalter (S1, S2, S3, S4) so ansteuerbar sind, daß die Hall-Sensoranordnung im Spinning-Current-Betrieb betreibbar ist.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich ausgeführt sind.
9. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare geometrisch unterschiedlich ausgeführt sind.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung

Zusammenfassung

Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung umfaßt ein erstes (1A, 1B) und wenigstens ein weiteres Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen, wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und ein zweiter und ein vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind. Die die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebstromrichtungen gegenüber den Betriebstromrichtungen des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist. Die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) sind jeweils elektrisch miteinander verbunden, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse (K1, K3) aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom (I_{Betrieb}) zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse (K2, K4) aller Hall-Sensoranordnungen (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) die Hall-Spannung (U_{Hall}) meßbar ist.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 1/4 -

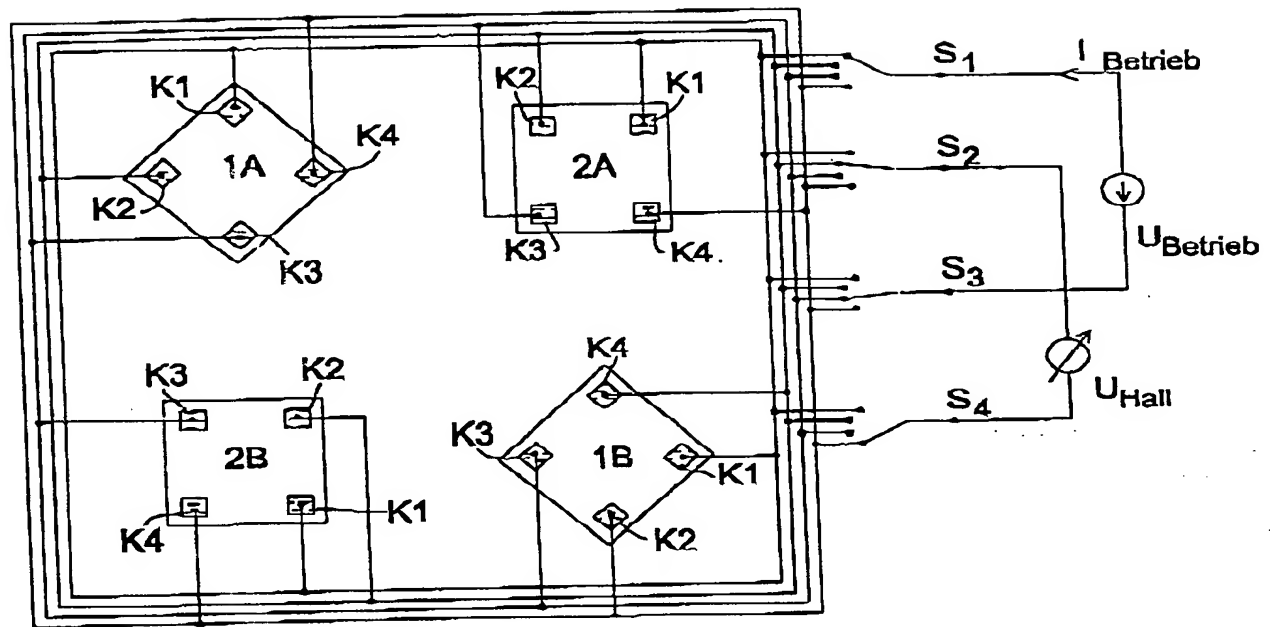


Fig. 1

THIS COPY IS
TO BE DESTROYED
ON 10/13/02

- 2/4 -

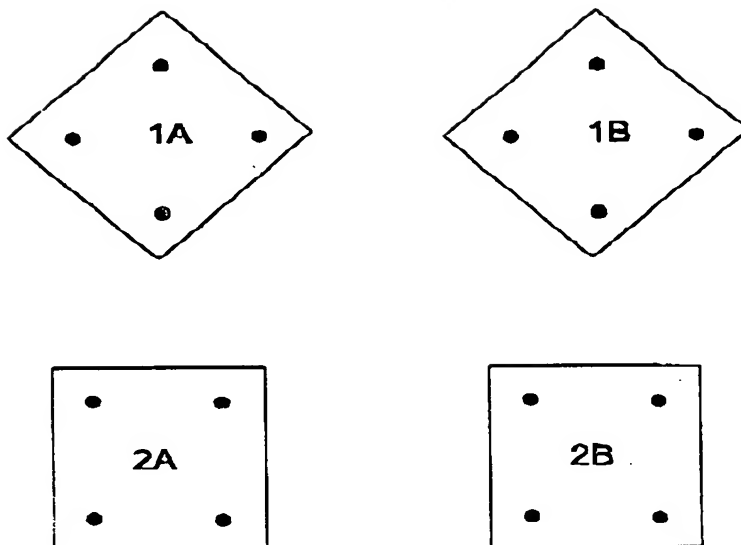


Fig. 2a

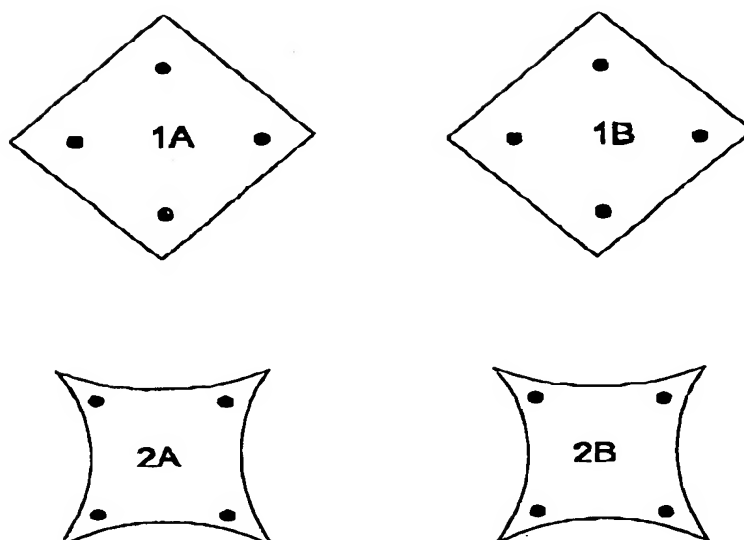


Fig. 2b

THIS PAGE IS ONLY (USPTO)

- 3/4 -

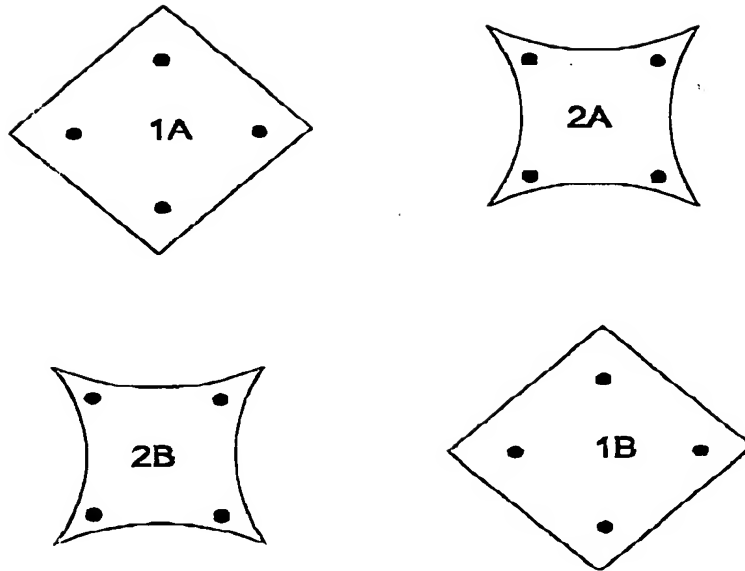


Fig. 2c

THIS DOCUMENT IS UNCLASSIFIED
(USPTO)

- 4/4 -

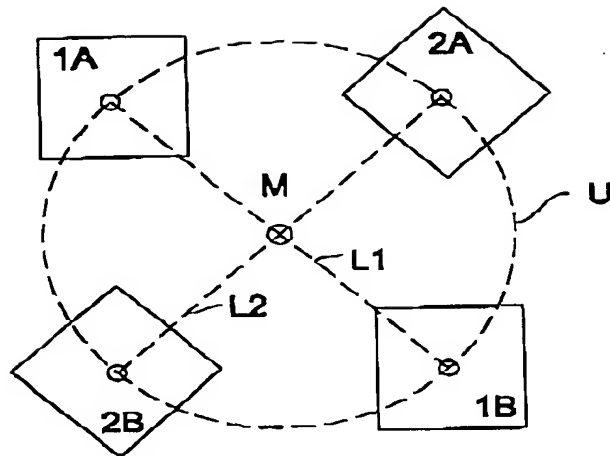


Fig. 3a

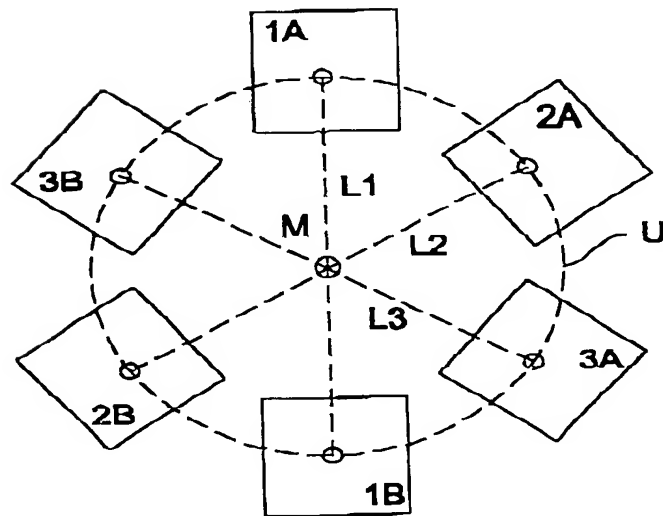


Fig. 3b

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10/088069

JG13 Rec'd PCT/PTC 08 MAR 2002

National Phase of PCT/EP00/08805 in USA

Title: Hall Sensor Array for Measuring a Magnetic Field with
Offset Compensation

Applicants: HOHE; WEBER; SAUERER

Translation of PCT Application PCT/EP00/08805
as originally filed

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/18556 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 33/07

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/08805

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. September 2000 (08.09.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 43 128.0 9. September 1999 (09.09.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, 80636 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOHE, Hans-Peter [DE/DE]; Burggrub 28, 91332 Heiligenstadt (DE). WEBER, Norbert [DE/DE]; Dorfhauser Strasse 21, 91367 Weissenhohe (DE). SAUERER, Josef [DE/DE]; Stegerstrasse 9a, 91074 Herzogenaurach (DE).

(74) Anwälte: SCHOPPE, Fritz usw.; Schoppe, Zimmermann & Stöckeler, Postfach 71 08 67, 81458 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AU, CA, JP, US, ZA.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

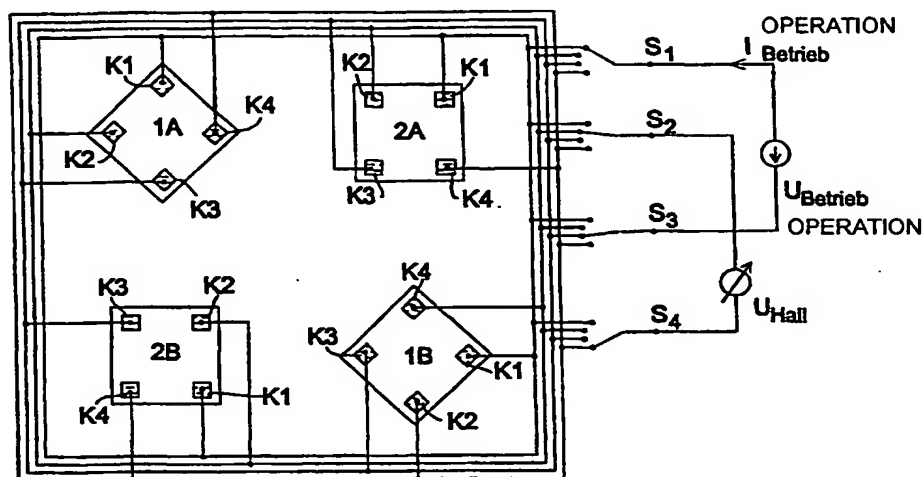
Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HALL SENSOR ARRAY FOR MEASURING A MAGNETIC FIELD WITH OFFSET COMPENSATION

(54) Bezeichnung: HALL-SENSORANORDNUNG ZUR OFFSET-KOMPENSIERTEN MAGNETFELDMESSUNG



(57) Abstract: The invention relates to a Hall sensor array for measuring a magnetic field with offset compensation, comprising a first pair (1A, 1B) and at least one additional pair (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of Hall sensor elements, whereby each Hall sensor element (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) has four connections (K1, K2, K3, K4), of which a first and a third connection (K1, K3) act as power supply connections for supplying an operating current ($I_{Operation}$) and a second and fourth connection (K2, K4) act as measurement connections for measuring a Hall current (U_{Hall}). The Hall sensor elements (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) are arranged in such a way that the current directions of the operating current ($I_{Operation}$) in the two Hall sensor elements of each pair are offset at an angle of approximately 90° , in relation to one another. The Hall sensor elements (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of the additional pair(s) are arranged in such a way that their current directions are offset at an angle of approximately $90^\circ/n$, in relation to the current directions of the first pair (1A, 1B), whereby n is the total number of Hall sensor element pairs and $n \geq 2$.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/18556 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung umfaßt ein erstes (1A, 1B) und wenigstens ein weiteres Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen, wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und ein zweiter und ein vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im Wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebstromrichtungen gegenüber den Betriebstromrichtungen des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im Wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist.

Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Hall-Sensoren und insbesondere die Anordnung und Ansteuerung mehrerer Hall-Sensorelemente in einer Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung.

Ein einzelnes Hall-Sensorelement ist im allgemeinen aus einem n-dotierten aktiven Halbleiterbereich auf einem p-dotierten Halbleitersubstrat aufgebaut. Der n-dotierte aktive Bereich ist üblicherweise über vier Kontaktelektroden bzw. Kontaktanschlüsse, die diagonal gegenüberliegend in dem aktiven Bereich angeordnet sind, mit einer externen Ansteuerlogik verbunden. Die vier Kontaktelektroden des Hall-Sensorelements unterteilen sich in zwei gegenüberliegende Steuerstromkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um einen Stromfluß durch den aktiven Bereich zu erzeugen, und ferner in zwei gegenüberliegende Spannungsabgriffkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um eine Hall-Spannung, die bei einem anliegenden Magnetfeld senkrecht zu dem Stromfluß in dem aktiven Bereich auftritt, als Sensorsignal abzugreifen.

Aus der Europäischen Patentschrift EP-0548391 B1 ist eine Hall-Sensoranordnung bekannt, bei der zwei oder vier Hall-Sensorelemente zur Kompensation des Störeinflusses einer bestimmten Kristallrichtung verwendet werden. Die einzelnen Hall-Sensorelemente sind um einen bestimmten Winkel zueinander gedreht, der zwischen 0° und 180° liegt. Der Winkel ist dabei entsprechend der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials gewählt.

Bekanntermaßen treten bei den Herstellungsprozessen von Halbleiterstrukturen produktionsbedingt häufig Inhomogenitäten oder Störungen in dem Halbleitermaterial des aktiven Be-

reichs auf. Diese Inhomogenitäten lassen sich auch mit aufwendigen Herstellungsverfahren nicht vollständig vermeiden. Diese Inhomogenitäten sind häufig ein Grund für das Auftreten eines Offsets des Sensorsignals. Das heißt, an den Kontaktelektroden, an denen die Hall-Spannung abgegriffen wird, wird auch dann ein Sensorsignal erfaßt, wenn kein Magnetfeld an dem aktiven Bereich anliegt. Dieses störende Sensorsignal wird als der Offset des Sensornutzsignals oder einfach auch als Offset-Signal bezeichnet. Durch die starke Abhängigkeit des Offset-Signals von den Inhomogenitäten treten bei herkömmlichen Hall-Sensorelementen große Exemplarstreuungen auf. Ferner wird die Empfindlichkeit und die Meßgenauigkeit der Hall-Sensoren stark beeinträchtigt. Aus diesem Grund ist eine Offset-Kompensation und eine korrekte Auswertung der Sensorsignale im allgemeinen mit einem großen schaltungstechnischen Aufwand verbunden.

Eine weitere Problematik bei Hall-Sensoranordnungen stellen die sogenannten Piezoeffekte dar, die stark von der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials abhängig sind. Die Piezoeffekte können durch mechanische Verspannungen, die aufgrund äußerer Kräfte (z.B. durch das Gehäuse) hervorgerufen werden, oder durch mechanische Spannungen im Kristallgefüge des Halbleitermaterials ein beträchtliches Offset-Signal hervorrufen. Man hat versucht, diese Problematik zu überwinden, indem entweder die Hall-Sensoranordnung an die Kristallrichtung des Halbleitermaterials angepaßt wurde oder indem die Piezoeffekte durch eine geeignete Wahl der Stromrichtungen im Halbleitermaterial in Abhängigkeit von der Kristallrichtung kompensiert wurden. Diese Maßnahmen haben jedoch zur Folge, daß die Herstellungsprozesse dieser Hall-Sensoranordnungen sehr aufwendig sind, da sowohl die Kristallausrichtung der Halbleiteroberfläche als auch die Ausrichtung der Hall-Sensorelemente zueinander und bezüglich der Kristallorientierung beachtet werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte und we-

niger aufwendig herstellbare Hall-Sensoranordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung, die ein erstes und wenigstens ein weiteres Paar von Hall-Sensorelementen umfaßt, wobei jedes Hall-Sensorelement vier Anschlüsse aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms und ein zweiter und ein vierter Anschluß als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist. Die ersten Anschlüsse, die dritten Anschlüsse, die zweiten Anschlüsse und die vierten Anschlüsse der Hall-Sensorelemente sind jeweils elektrisch miteinander verbunden, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen die Hall-Spannung meßbar ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der in einer Hall-Sensoranordnung auftretende Offset-Anteil des Sensorsignals durch die oben ausgeführte geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelemente der Paare und der Verschaltung der Anschlüsse stark verringert und somit bereits ein vorkompensiertes Offset-Signal geliefert

werden kann. Durch die erfindungsgemäße Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente kann eine Unabhängigkeit der erfaßten Hall-Spannung von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials erreicht werden.

Besondere Bedeutung hat die erfindungsgemäße geometrische Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente vor allem für den sogenannten "Spinning-Current"-Betrieb. Der Spinning-Current-Betrieb besteht darin, daß die Meßrichtung ständig mit einer bestimmten Taktfrequenz um beispielsweise 90° zyklisch weitergedreht wird, d.h. der Betriebsstrom fließt von einer zu der gegenüberliegenden Kontaktelektrode, wobei die Hall-Spannung an den quer dazu liegenden Kontaktelektroden abgegriffen wird, woraufhin dann beim nächsten Zyklus, d.h. der nächsten Meßphase, die Meßrichtung um 90° weitergedreht wird. Die in den einzelnen Meßphasen gemessenen Hall-Spannungen werden durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion ausgewertet, wobei der in der einzelnen Meßphase noch enthaltene Offset weiter reduziert werden kann bzw. sich die Offset-Spannungen bei einem Umlauf annähernd gegenseitig aufheben sollen, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrig bleiben.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Orientierung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente ist es somit nicht mehr notwendig, die Kristallrichtung des Halbleitermaterials zu berücksichtigen, wodurch der Einfluß der von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials abhängigen Piezoeffekte auf die erfaßte Hall-Spannung im wesentlichen vollständig beseitigt werden kann.

Da die starke Abhängigkeit des Offset-Signals sowohl von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials als auch von den Inhomogenitäten oder Störungen im Halbleitermaterial durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung im wesentlichen beseitigt ist, wird eine beträchtliche Erhöhung der Empfindlichkeit und der Meßgenauigkeit durch diese Hall-Sensoran-

ordnung erreicht. Aus diesem Grund kann der schaltungstechnische Aufwand, der für eine korrekte Auswertung und Weiterverarbeitung der Sensorsignale erforderlich ist, bei der Hall-Sensoranordnung der vorliegenden Erfindung niedrig gehalten werden.

Aufgrund der verbesserten Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit entsprechend dem niedrigeren Offset-Anteil des Sensorsignals der Hall-Sensoranordnung erhöht sich ferner die nutzbare Auflösung der erfaßten Hall-Spannung.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der Schaltungsaufwand der Hall-Sensoranordnung weiter verringert werden kann, da durch die untereinander feste Verschaltung der Hall-Sensorelemente eine gemeinsame Betriebsstromeinprägung in alle Hall-Sensorelemente und ein gemeinsamer Abgriff aller Hall-Signale der Hall-Sensorelemente verwendet werden kann. Dadurch wird vermieden, daß sowohl die Betriebsströme in jedes Sensorelement einzeln eingespeist als auch die Hall-Spannungen jedes Sensorelements getrennt erfaßt werden müssen. Dadurch lassen sich zusätzliche Schaltungskomponenten, z.B. zusätzliche Schalter, Stromquellen, Zuleitungen usw., vermeiden. Ferner kann die Komplexität der Auswerteschaltung niedrig gehalten werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine prinzipielle Darstellung einer Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 a-c: prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Ausführungen und Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 3 a-b: prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird nun im folgenden der allgemeine Aufbau einer Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen dargestellt.

Auf einem Halbleitersubstrat, das vorzugsweise p-dotiert ist, sind vorzugsweise vier rechteckige, aktive Halbleiterbereiche aufgebracht, die im allgemeinen n-dotiert sind. Vorzugsweise in den Ecken der n-dotierten aktiven Bereiche sind Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 angeordnet, die im allgemeinen durch eine n^+ -Dotierung erhalten werden. Die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 sind in dem n-dotierten aktiven Bereich jeweils diagonal gegenüberliegend angeordnet, wobei zwei Kontaktelektroden K1, K3 zur Betriebsstromzuführung und die anderen beiden Kontaktelektroden K2, K4 zum Hall-Spannungsabgriff vorgesehen sind. Die aktiven Bereiche bilden die einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B, wobei bei der in Fig. 1 dargestellten Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen jeweils die Hall-Sensorelemente 1A, 1B und die Hall-Sensorelemente 2A, 2B ein Hall-Sensorelementepaar bilden.

In Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die zwei Hall-Sensorelementepaare in einem Viereck plaziert sind, wobei die einzelnen Paare der Hall-Sensorelemente jeweils diagonal angeordnet sind. Es ist jedoch auch möglich, die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares in der Hall-Sensoranordnung untereinander oder auch nebeneinander zu plazieren.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung sind jeweils die Kontaktelektroden K1, die Kontaktelektroden K2, die Kontaktelektroden K3 und die Kontaktelektroden K4 der einzelnen Hall-Sensorele-

mente 1A, 2A, 1B, 2B untereinander parallel geschaltet und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet. Bei der vorliegenden Darstellung bilden die Kontaktelektroden K1 und die Kontaktelektroden K3 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Stromeinprägungskontakte, wohingegen die Kontaktelektroden K2 und die Kontaktelektroden K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung liefern. Die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms und die Kontaktelektroden zur Erfassung einer Hall-Spannung sind in den einzelnen Hall-Sensorelement derart angeordnet, daß die Stromrichtung des eingepprägten Betriebsstroms jeweils senkrecht zu der Richtung der abgegriffenen Hall-Spannung ist.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung sind die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares jeweils um 90° zueinander gedreht. Die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares sind gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares um einen Winkel von 45° versetzt.

Bei der praktischen Ausführung der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung kann der Winkel, um den die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares zueinander gedreht sind, auch von dem Idealwert von 90° abweichen und in einem Bereich von z.B. 80° bis 100° liegen, wobei Winkel in diesem Bereich im Sinne der vorliegenden Erfindung als Winkel von im wesentlichen 90° angesehen werden. Dies gilt auch für den Winkel, um den die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares versetzt sind, der beispielsweise in einem Bereich von 40° bis 50° gewählt werden kann und folglich im wesentlichen 45° beträgt. Es ist jedoch zu beachten, daß die erzielte Offset-Kompensation der Hall-Sensoranordnung bei einer steigenden Abweichung von den als optimal erachteten Idealwinkeln, die 90° bzw. 45° betragen, abnehmen kann.

Die untereinander fest verschalteten Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B sind mit Schaltern S1, S2, S3, S4 verbunden, die jeweils zwischen vier Positionen, d.h. zwischen den Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4, umgeschaltet werden können. Mit den Schaltern S1, S2, S3, S4 können die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 in den einzelnen Meßphasen der Hall-Sensoranordnung als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} oder als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung U_{Hall} jeweils gemeinsam umgeschaltet werden.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung (nicht explizit dargestellt) kann darin bestehen, daß mehr als zwei Paare von Hall-Sensorelementen verwendet werden. Dabei sind auch in diesem Fall die Stromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen eines jeden Paares jeweils um im wesentlichen 90° zueinander gedreht. Auch hier müssen die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich und bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart sein, und können in der Gesamt-Sensoranordnung untereinander, nebeneinander oder in einer Diagonalen angeordnet sein. Die Stromrichtungen der mindestens zwei Hall-Sensorelementepaare sind jeweils untereinander um den Winkel von im wesentlichen $90^\circ/n$ gedreht, wobei n die Anzahl der insgesamt verwendeten Hall-Sensorelement-Paare ist, wobei gilt $n \geq 2$. Wenn beispielsweise drei Hall-Sensorelement-Paare verwendet werden, sind die Stromrichtungen der einzelnen Hall-Sensorelementepaare somit um einen Winkel von im wesentlichen 30° untereinander versetzt. Die Elementepaare der Sensoranordnung sind entweder nebeneinanderliegend oder in der Nebendiagonalen angeordnet, wobei sich die Hall-Sensorelemente paarweise möglichst nahe aneinander befinden.

Auch bei dieser Anordnung sind sowohl die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} (oder einer Versorgungsspannung) als auch die Kontaktelektroden zum Abgreifen der Hall-Spannung U_{Hall} parallel geschaltet und ohne da-

zwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet.

Durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen, siehe Fig. 1, oder auch mit mehreren Paaren von Hall-Sensorelementen entsteht aufgrund der geometrischen Platzierung der Hall-Sensorelemente bereits in jeder Meßphase ein vorkompensiertes Offset-Signal. So kann beispielsweise ein nachfolgender Verstärker mit einer höheren Verstärkung ausgeführt werden, weil derselbe nicht so schnell in eine Sättigung gehen kann. Der in den einzelnen Meßphasen noch enthaltene vorkompensierte Offset-Anteil der Sensorsignale wird durch die zyklische Umschaltung (z.B. Spinning-Current-Betrieb) der Betriebstromrichtungen und durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion der Signale der einzelnen Meßphasen während des Spinning-Current-Betriebs noch weiter reduziert, da die eingangs beschriebenen Offset-Anteile des Sensorsignals aufgrund von Inhomogenitäten oder von Verspannungen im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Dabei ist die angegebene geometrische Anordnung der Sensoren dahingehend von Vorteil, daß der Offset-Anteil eines einzelnen Hall-Sensorelements mit nur vier Anschlüssen kleiner ist als der eines Hall-Sensorelements mit einer anderen Geometrie, z.B. mit acht Kontaktelektroden. Daher verbleibt nach der zyklischen Umschaltung und Gewichtung ebenfalls ein kleinerer resultierender Offset-Anteil. Aufgrund der geometrischen Anordnung der Hall-Sensoranordnung und unter Verwendung des Spinning-Current-Verfahrens liefert die erfindungsgemäße Anordnung eine Hall-Spannung mit äußerst niedrigem Offset-Anteil, wobei die sich ergebende Hall-Spannung unabhängig von der beim Herstellungsprozeß der Hall-Sensoranordnung verwendeten Kristallrichtung bzw. von der Orientierung der Hall-Sensorelemente zu dieser Kristallrichtung ist.

Üblicherweise ist die Hall-Sensoranordnung als monolithisch integriertes Bauelement ausgeführt, wobei in dem Bauelement

neben der Hall-Sensoranordnung auch einer Stromversorgung für die Hall-Sensorelemente als auch eine elektronische Auswerteschaltungen für die Hall-Spannung untergebracht sein können. Die Herstellung dieser Schaltungsanordnung wird im allgemeinen unter Verwendung von üblichen Silizium-Halbleitertechnologien mit bekannten Bipolar- oder MOS-Herstellungsprozessen durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung können die bekannten Nachteile, die Silizium als Hall-Sensorelementmaterial zugeordnet sind, d.h. eine geringe Hall-Empfindlichkeit und der große Einfluß des Piezo-Effekts, der zu dem Offset-Anteil des Sensorsignals führt, als auch der Einfluß von Inhomogenitäten im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Parallelschaltung der jeweiligen Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der einzelnen Hall-Sensorelemente sind bei der vorliegenden Hall-Sensoranordnung insgesamt nur vier Ausgangsverbindungen vorgesehen, die ohne größeren Schaltungsaufwand für die einzelnen Meßphasen einfach umgeschaltet und mit der nachfolgenden Auswerteelektronik verbunden werden können. Aufgrund dieser festen Verdrahtung ist es zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen hinsichtlich einer verbesserten Offset-Kompensation außerdem möglich, den erforderlichen Schaltungsaufwand gering zu halten, wodurch eine einfachere und damit kostengünstigere Herstellung dieser Hall-Sensoranordnungen gegenüber herkömmlichen Hall-Sensoren erreicht werden kann.

Im folgenden sind zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Konzepts einige weitere unterschiedliche Anordnungsmöglichkeiten für die Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung beispielhaft dargestellt. Es ist zu beachten, daß die Hall-Sensorelemente eines Paares untereinander jeweils geometrisch gleich sein müssen, wobei sich aber die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare in der Geometrie unterscheiden können. Dadurch kann eine weit re Optimierung für den jeweiligen Anwendungsfall bzw. den Anwendungsbereich der Hall-Sensoranordnung durchgeführt werden.

In Fig. 2a sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare die gleiche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2b sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2c sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils diagonal angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit für die geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelementpaare besteht darin, die Hall-Sensorelemente so zu platzieren, daß bezüglich der Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensor-Elemente eine Kreissymmetrie vorliegt.

Eine beispielhafte geometrische Anordnung für zwei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B ist in Fig. 3a dargestellt. Verbindungslinien L1, L2 stellen jeweils die gedachte Verbindung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2 der beiden Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B und 2A, 2B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

In Fig. 3b ist eine beispielhafte geometrische Anordnung für drei Paare von Hall-Sensorelementen dargestellt. Verbindungslinien L1, L2, L3 stellen jeweils die gedachte Verbin-

dung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2, L3 der drei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

Alle im vorhergehenden, dargestellten Hall-Sensoranordnungen liefern die im vorhergehenden beschriebenen Vorteile bezüglich des verringerten Schaltungsaufwands als auch bezüglich der verbesserten Offset-Eigenschaften.

PATENTANSPRÜCHE

1. Hall-Sensoranordnung mit folgenden Merkmalen:

einem ersten (1A, 1B) und wenigstens einem weiteren Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen,

wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und ein zweiter und ein vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) derart angeordnet sind, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebstromrichtungen gegenüber den Betriebstromrichtungen des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist, und

wobei die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils elektrisch miteinander verbunden sind, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse (K1, K3) aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom (I_{Betrieb}) zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse (K2, K4) al-

ler Hall-Sensoranordnungen (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) die Hall-Spannung (U_{Hall}) meßbar ist.

2. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, bei der die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind.
3. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares jeweils nebeneinanderliegend angeordnet sind.
4. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares in einer Diagonalen angeordnet sind.
5. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart zueinander angeordnet sind.
6. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die ferner Schalter (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei die Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B) mit den Schaltern (S1, S2, S3, S4) verbunden sind, so daß die Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) von einer Messung zu einer folgenden Messung um 90° umschaltbar sind.
7. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, die ferner eine Steuereinrichtung aufweist, durch die die Schalter (S1, S2, S3, S4) so ansteuerbar sind, daß die Hall-Sensoranordnung im Spinning-Current-Betrieb betreibbar ist.

- 15 -

8. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich ausgeführt sind.
9. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare geometrisch unterschiedlich ausgeführt sind.

THIS PAGE BLANK (US-70)

- 1/4 -

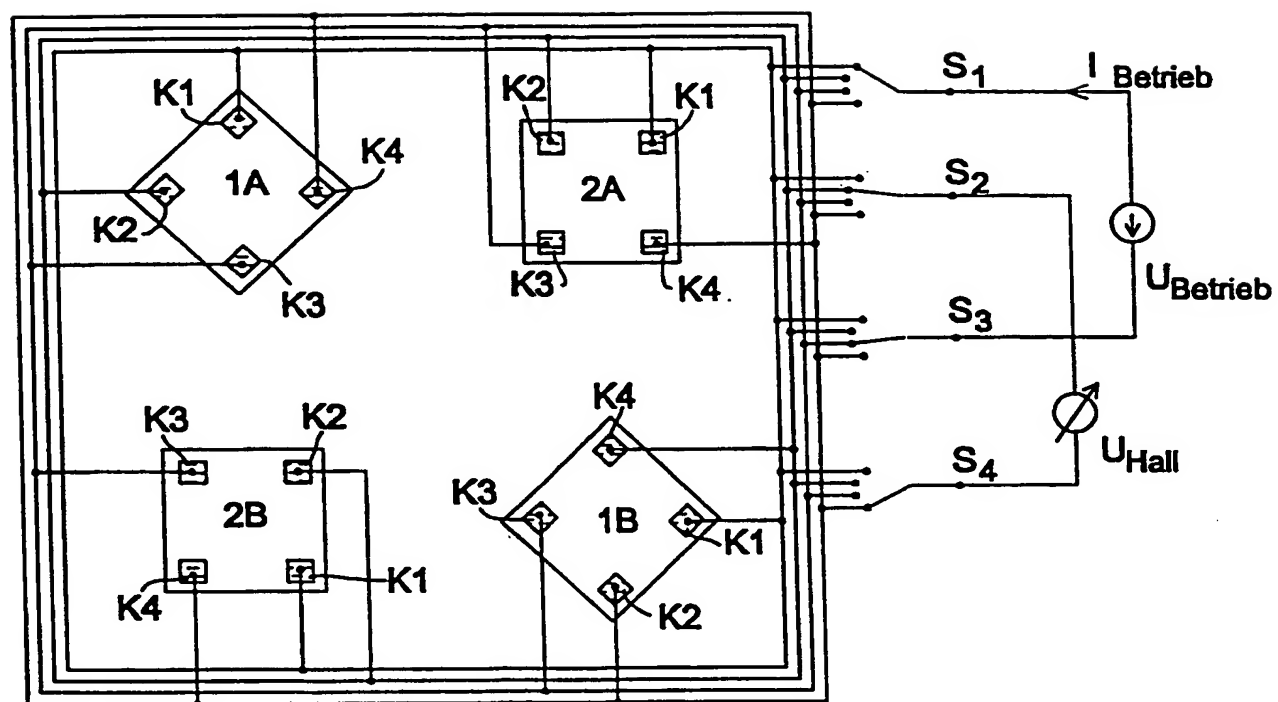


Fig. 1

THIS PAGE BY (b)(7)(D)

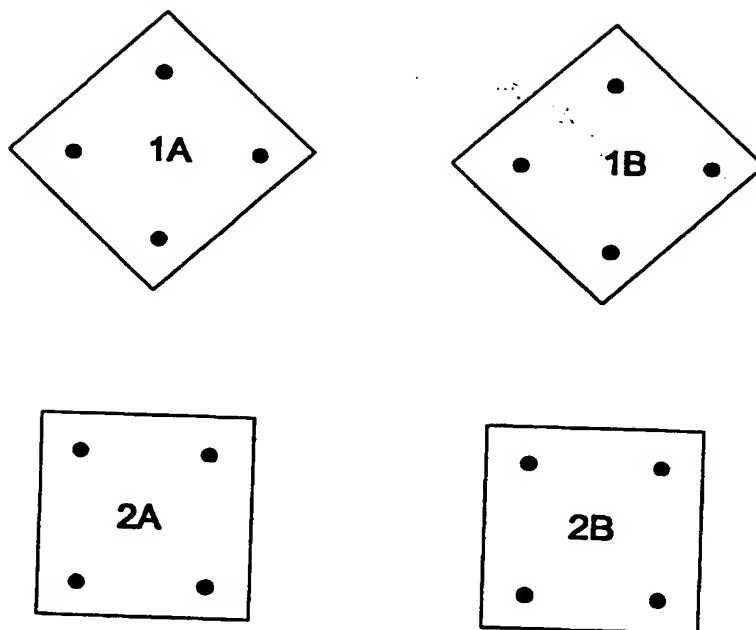


Fig. 2a

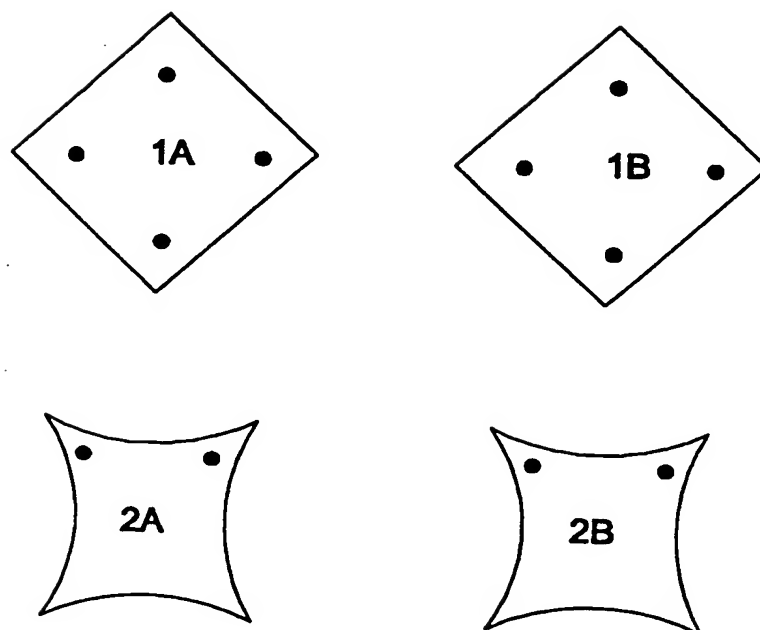


Fig. 2b

THIS PAGE BLANK (insert)

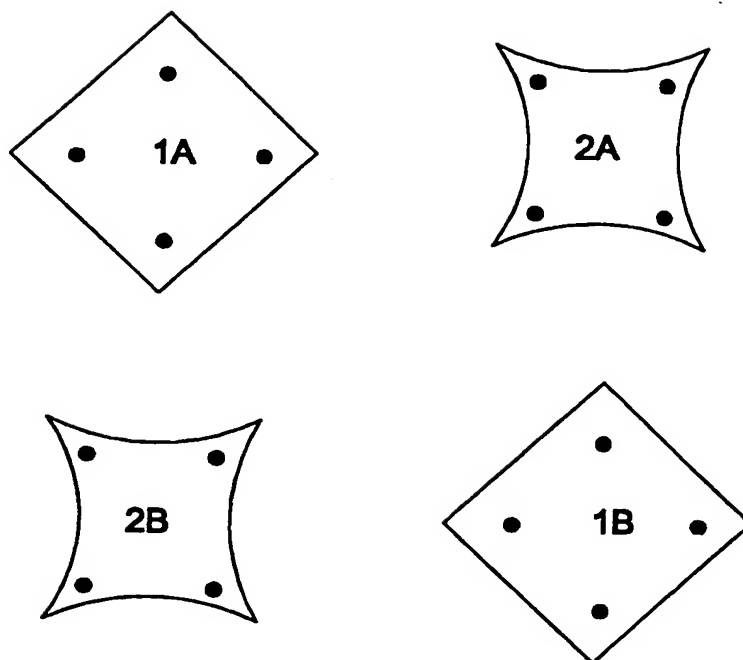


Fig. 2c

THIS PAGE BLANK (0000)

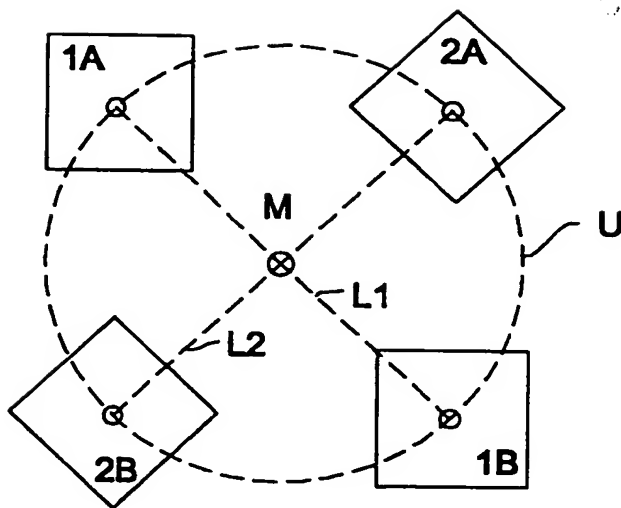


Fig. 3a

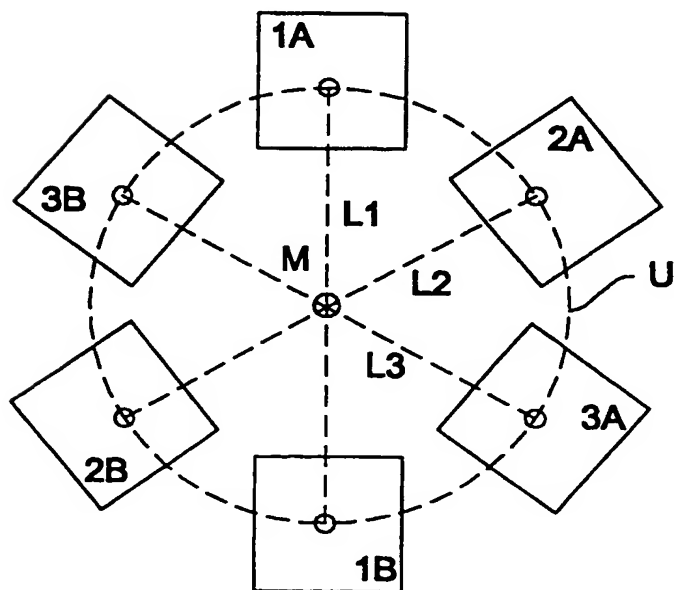


Fig. 3b

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ☐ National Application No

PCT/EP 00/08805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01R33/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 548 391 A (ITT IND GMBH DEUTSCHE) 30 June 1993 (1993-06-30) cited in the application column 3, line 33 -column 6, line 1; claim 16; figures 1,2,5	1-3,5,6
A	US 4 668 914 A (KERSTEN PETER ET AL) 26 May 1987 (1987-05-26) column 2, line 66 -column 3, line 33; figure 4	1,6,7
A	US 5 747 995 A (SPIES ALFONS) 5 May 1998 (1998-05-05) column 3, line 41 -column 4, line 50; figures 3,4	1,2,6
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 December 2000

Date of mailing of the international search report

21/12/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Swartjes, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In: International Application No

PCT/EP 00/08805

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 43 02 342 A (EL MOS ELEKTRONIK IN MOS TECHN) 29 July 1993 (1993-07-29) abstract; figure 2</p> <p>-----</p>	1-6,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In International Application No

PCT/EP 00/08805

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0548391 A	30-06-1993	DE 59108800 D JP 6011556 A KR 202774 B US 5406202 A	28-08-1997 21-01-1994 15-06-1999 11-04-1995
US 4668914 A	26-05-1987	DE 3346646 A FR 2557305 A GB 2151848 A, B JP 60227179 A	04-07-1985 28-06-1985 24-07-1985 12-11-1985
US 5747995 A	05-05-1998	DE 19536661 A AT 189306 T DE 59604278 D EP 0766066 A JP 9133550 A	03-04-1997 15-02-2000 02-03-2000 02-04-1997 20-05-1997
DE 4302342 A	29-07-1993	WO 9315413 A	05-08-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In. ationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/08805

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R33/07

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 548 391 A (ITT IND GMBH DEUTSCHE) 30. Juni 1993 (1993-06-30) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 33 -Spalte 6, Zeile 1; Anspruch 16; Abbildungen 1,2,5	1-3,5,6
A	US 4 668 914 A (KERSTEN PETER ET AL) 26. Mai 1987 (1987-05-26) Spalte 2, Zeile 66 -Spalte 3, Zeile 33; Abbildung 4	1,6,7
A	US 5 747 995 A (SPIES ALFONS) 5. Mai 1998 (1998-05-05) Spalte 3, Zeile 41 -Spalte 4, Zeile 50; Abbildungen 3,4	1,2,6
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

g Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Dezember 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Swartjes, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/08805

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 02 342 A (EL MOS ELEKTRONIK IN MOS TECHN) 29. Juli 1993 (1993-07-29) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-6,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/08805

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0548391 A	30-06-1993	DE 59108800 D JP 6011556 A KR 202774 B US 5406202 A	28-08-1997 21-01-1994 15-06-1999 11-04-1995
US 4668914 A	26-05-1987	DE 3346646 A FR 2557305 A GB 2151848 A, B JP 60227179 A	04-07-1985 28-06-1985 24-07-1985 12-11-1985
US 5747995 A	05-05-1998	DE 19536661 A AT 189306 T DE 59604278 D EP 0766066 A JP 9133550 A	03-04-1997 15-02-2000 02-03-2000 02-04-1997 20-05-1997
DE 4302342 A	29-07-1993	WO 9315413 A	05-08-1993

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

4

Applicant's or agent's file reference FH000901PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/08805	International filing date (day/month/year) 08 September 2000 (08.09.00)	Priority date (day/month/year) 09 September 1999 (09.09.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G01R 33/07		
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 12 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 30 March 2001 (30.03.01)	Date of completion of this report 05 December 2001 (05.12.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/08805

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 5,6,11,12, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages 8-10, filed with the letter of 02 October 2001 (02.10.2001),
pages 1-4, 7, filed with the letter of 05 November 2001 (05.11.2001).
- ☒ the claims, Nos. _____, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. 1-4, filed with the letter of 05 November 2001 (05.11.2001),
Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig 2/4-4/4, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig 1/4, filed with the letter of 02 October 2001 (02.10.2001),
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1-4	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-4	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-4	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

a) Novelty:

i. Citation

(A) EP-A-0 548 391,

in particular the abstract; column 1, lines 1-17 and 36-39; column 2, lines 22-44; column 3, line 33 to column 6, line 1; Claims 1 and 10; Figures 1, 2 and 5, which is the closest prior art, discloses only the technical features specified in the preamble to the present Claim 1.

ii. The subject matter of Claim 1 is therefore novel.

b) Inventive step

i. The technical features of Claim 1, which render the subject matter thereof inventive in relation to the aforementioned closest prior art, are as follows:

- instead of the use, as disclosed in (A), of a separate constant current source for supplying

THIS PAGE BLANK (USPTO)

each Hall sensor element, the subject matter of the present Claim 1 proposes a common operating voltage source, which supplies the operating current for the Hall sensor elements. This feature makes it possible to prevent compensating currents between the individual Hall sensor elements caused by the parallel connection of the voltage outputs of the Hall sensor elements in the disclosure of document (A). In the subject matter of the present Claim 1, the operating currents required for the likewise parallel connection of the voltage outputs of the Hall sensor elements are automatically set.

Together with the following features also specified in Claim 1, the aforementioned use of a common operating voltage source leads to an improved Hall sensor arrangement that is less expensive to produce in relation to that known from document (A):

- use of the spinning-current operation; and
- the offset voltages of the Hall sensor elements are approximately mutually compensated in a cycle within this operation, so that the actual parts of the Hall signal depending on the magnetic field remain.

ii. None of the documents cited in the international search report suggests the combination of the above three technical features in conjunction with a Hall sensor arrangement; nor is such a combination obvious.

c) Dependent Claims 2-4, which refer back to Claim 1, must contain novel and inventive subject

THIS PAGE BLANK (UBPTD)

matter given their dependent nature.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

[German text only]

On page 7, line 1, the words "parallel geschaltet" should have been written as one word.

There is a typographical error in the last line of page 8.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 07 DEC 2001

WIPO PCT


Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts FH000901PCT	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/08805	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/09/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 09/09/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01R33/07		
Anmelder FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG...		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 12 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 30/03/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 05.12.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Mieszkowski, P Tel. Nr. +49 89 2399 8974



THIS PAGE BLANK

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

5,6,11,12	ursprüngliche Fassung			
8-10	eingegangen am	02/10/2001	mit Schreiben vom	02/10/2001
1-4,7	eingegangen am	05/11/2001	mit Schreiben vom	05/11/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-4	eingegangen am	05/11/2001	mit Schreiben vom	05/11/2001
-----	----------------	------------	-------------------	------------

Zeichnungen, Blätter:

2/4-4/4	ursprüngliche Fassung			
1/4	eingegangen am	02/10/2001	mit Schreiben vom	02/10/2001

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den

THIS PAGE BY AIR MAIL

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/08805

Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☒ Ansprüche, Nr.: 5-9
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-4
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-4
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-4
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1. Zu Punkt V.2.:

a) Neuheit:

i. Entgegenhaltung

(A) EP 0 548 391 A,

insb. Zusammenfassung; Spalte 1, Zeilen 1-17 und 36-39; Spalte 2, Zeilen 22-44; Spalte 3, Zeile 33 bis Spalte 6, Zeile 1; Ansprüche 1 und 10; Figuren 1, 2 und 5, die den nächstliegenden Stand der Technik darstellt, offenbart nur die im Oberbegriff des vorliegenden Anspruchs 1 aufgeführten technischen Merkmale.

ii. Damit ist der Gegenstand dieses Anspruchs 1 neu.

b) Erfinderische Tätigkeit:

i. Die technischen Merkmale im Anspruch 1, die dessen Gegenstand erfinderisch gegenüber dem genannten nächstliegenden Stand der Technik machen, sind darin zu sehen, daß

- anstelle der in (A) offenbarten Verwendung jeweils einer eigenen Konstantstromquelle zur Speisung jeweils eines Hall-Sensorelements, beim Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 1 eine gemeinsame Betriebsspannungsquelle den Betriebsstrom für die Hall-Sensorelemente liefert. Damit werden die beim aus (A) Bekannten auftretenden, durch die Parallelschaltung der Spannungsausgänge der Hall-Sensorelemente bedingten Ausgleichsströme zwischen den einzelnen Hall-Sensorelementen vermieden. Beim Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 1 stellen sich die für die hier ebenfalls benutzte Parallelschaltung der Spannungsausgänge der Hall-Sensorelemente erforderlichen Betriebsströme automatisch ein.

Zusammen mit den im genannten Anspruch 1 ebenfalls aufgeführten Merkmalen:

- Benutzung des Spinning-Current-Betriebs und
- bei einem Umlauf innerhalb dieses Betriebs auftretende, annähernde gegenseitige Aufhebung der Offsetspannungen der Hall-Sensorelemente, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrig bleiben,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

führt die oben genannte Benutzung einer gemeinsamen Betriebsspannungsquelle zu einer gegenüber der aus (A) bekannten verbesserten, weniger aufwendig herstellbaren Hall-Sensoranordnung.

ii. Die Kombination der drei oben genannten technischen Merkmale im Zusammenhang mit einer Hall-Sensoranordnung ist durch keine der im internationalen Recherchenbericht genannten Druckschriften nahegelegt und liegt auch für sich nicht auf der Hand.

c) Die auf den genannten Anspruch 1 rückbezogenen abhängigen Ansprüche 2-4 enthalten aufgrund ihres abhängigen Charakters zwangsläufig neue und erfinderische Gegenstände.

2. Zu Punkt VII.:

Auf Seite 7, Zeile 1, hätte "parallel geschaltet" zusammengeschrieben werden sollen.
Auf Seite 8, letzte Zeile, liegt ein Tippfehler vor.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Hall-Sensoren und insbesondere die Anordnung und Ansteuerung mehrerer Hall-Sensorelemente in einer Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung.

Ein einzelnes Hall-Sensorelement ist im allgemeinen aus einem n-dotierten aktiven Halbleiterbereich auf einem p-dotierten Halbleitersubstrat aufgebaut. Der n-dotierte aktive Bereich ist üblicherweise über vier Kontaktelektroden bzw. Kontaktanschlüsse, die diagonal gegenüberliegend in dem aktiven Bereich angeordnet sind, mit einer externen Ansteuerlogik verbunden. Die vier Kontaktelektroden des Hall-Sensorelements unterteilen sich in zwei gegenüberliegende Stromkontaktelktroden, die vorgesehen sind, um einen Stromfluß durch den aktiven Bereich zu erzeugen, und ferner in zwei gegenüberliegende Spannungsabgriffkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um eine Hall-Spannung, die bei einem anliegenden Magnetfeld senkrecht zu dem Stromfluß in dem aktiven Bereich auftritt, als Sensorsignal abzugreifen.

Aus der Europäischen Patentschrift EP-0548391 B1 ist eine Hall-Sensoranordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt, bei der zwei oder vier Hall-Sensorelemente zur Kompensation des Störeinflusses einer bestimmten Kristallrichtung verwendet werden. Die einzelnen Hall-Sensorelemente sind um einen bestimmten Winkel zueinander gedreht, der zwischen 0° und 180° liegt. Der Winkel ist dabei entsprechend der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials gewählt. Gemäß der EP-0548391 wird jedes Hall-Element mit einer separaten Stromquelle gespeist, so daß jeweils ein konstanter Strom in jedes Element eingeprägt wird. Die an den einzelnen Hall-Elementen im Halldetektor abgegriffenen Hall-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

spannungen werden in einer Schalterstufe parallelgeschaltet. Somit werden die Hallspannungen der einzelnen Elemente auf einen identischen Wert gezwungen, so daß Ausgleichsströme auftreten können.

Bekanntermaßen treten bei den Herstellungsprozessen von Halbleiterstrukturen produktionsbedingt häufig Inhomogenitäten oder Störungen in dem Halbleitermaterial des aktiven Bereichs auf. Diese Inhomogenitäten lassen sich auch mit aufwendigen Herstellungsverfahren nicht vollständig vermeiden. Diese Inhomogenitäten sind häufig ein Grund für das Auftreten eines Offsets des Sensorsignals. Das heißt, an den Kontaktelektroden, an denen die Hall-Spannung abgegriffen wird, wird auch dann ein Sensorsignal erfaßt, wenn kein Magnetfeld an dem aktiven Bereich anliegt. Dieses störende Sensorsignal wird als der Offset des Sensornutzsignals oder einfach auch als Offset-Signal bezeichnet. Durch die starke Abhängigkeit des Offset-Signals von den Inhomogenitäten treten bei herkömmlichen Hall-Sensorelementen große Exemplarstreuungen auf. Ferner wird die Empfindlichkeit und die Meßgenauigkeit der Hall-Sensoren stark beeinträchtigt. Aus diesem Grund ist eine Offset-Kompensation und eine korrekte Auswertung der Sensorsignale im allgemeinen mit einem großen schaltungs-technischen Aufwand verbunden.

Eine weitere Problematik bei Hall-Sensoranordnungen stellen die sogenannten Piezoeffekte dar, die stark von der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials abhängig sind. Die Piezoeffekte können durch mechanische Verspannungen, die aufgrund äußerer Kräfte (z.B. durch das Gehäuse) hervorgerufen werden, oder durch mechanische Spannungen im Kristallgefüge des Halbleitermaterials ein beträchtliches Offset-Signal hervorrufen. Man hat versucht, diese Problematik zu überwinden, indem entweder die Hall-Sensoranordnung an die Kristallrichtung des Halbleitermaterials angepaßt wurde oder indem die Piezoeffekte durch eine geeignete Wahl der Stromrichtungen im Halbleitermaterial in Abhängigkeit von der Kristallrichtung kompensiert wurden. Diese Maßnahmen

THIS PAGE BLANK (USPTO)

haben jedoch zur Folge, daß die Herstellungsprozesse dieser Hall-Sensoranordnungen sehr aufwendig sind, da sowohl die Kristallausrichtung der Halbleiteroberfläche als auch die Ausrichtung der Hall-Sensorelemente zueinander und bezüglich der Kristallorientierung beachtet werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte und weniger aufwendig herstellbare Hall-Sensoranordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der in einer Hall-Sensoranordnung auftretende Offset-Anteil des Sensorsignals durch die oben ausgeführte geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelemente der Paare und der Verschaltung der Anschlüsse stark verringert und somit bereits ein vorkompensiertes Offset-Signal geliefert werden kann. Durch die erfindungsgemäße Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente kann eine Unabhängigkeit der erfaßten Hall-Spannung von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials erreicht werden.

Erfindungsgemäß werden die Hall-Sensorelemente im sogenannten "Spinning-Current"-Betrieb angesteuert. Der Spinning-Current-Betrieb besteht darin, daß die Meßrichtung ständig mit einer bestimmten Taktfrequenz um beispielsweise 90° zyklisch weitergedreht wird, d.h. der Betriebsstrom fließt von einer zu der gegenüberliegenden Kontaktelektrode, wobei die Hall-Spannung an den quer dazu liegenden Kontaktelektroden abgegriffen wird, woraufhin dann beim nächsten Zyklus, d.h. der nächsten Meßphase, die Meßrichtung um 90° weitergedreht wird. Die in den einzelnen Meßphasen gemessenen Hall-Spannungen werden durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion ausgewertet, wobei der in der einzelnen Meßphase noch enthaltene Offset

THIS PAGE BLANK (USPTO)

weiter reduziert werden kann bzw. sich die Offset-Spannungen bei einem Umlauf annähernd gegenseitig aufheben sollen, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrig bleiben.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Orientierung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente ist es somit nicht mehr notwendig, die Kristallrichtung des Halbleitermaterials zu berücksichtigen, wodurch der Einfluß der von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials abhängigen Piezoeffekte auf die erfaßte Hall-Spannung im wesentlichen vollständig beseitigt werden kann.

Da die starke Abhängigkeit des Offset-Signals sowohl von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials als auch von den Inhomogenitäten oder Störungen im Halbleitermaterial durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung im wesentlichen beseitigt ist, wird eine beträchtliche Erhöhung der Empfindlichkeit und der Meßgenauigkeit durch diese Hall-Sensoran-

GEÄNDERTES BLATT

THIS PAGE BLANK (USPTO)

mente 1A, 2A, 1B, 2B untereinander parallel geschaltet angeordnet und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet. Bei der vorliegenden Darstellung bilden die Kontaktelektroden K1 und die Kontaktelektroden K3 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Stromeinprägungskontakte, wohingegen die Kontaktelektroden K2 und die Kontaktelektroden K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung liefern. Die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms und die Kontaktelektroden zur Erfassung einer Hall-Spannung sind in den einzelnen Hall-Sensorelement derart angeordnet, daß die Stromrichtung des eingepprägten Betriebsstroms jeweils senkrecht zu der Richtung der abgegriffenen Hall-Spannung ist.

Bei der vorliegenden Erfindung sind die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares jeweils um 90° zueinander gedreht. Die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares sind gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares um einen Winkel von 45° versetzt.

Bei der praktischen Ausführung der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung kann der Winkel, um den die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares zueinander gedreht sind, auch von dem Idealwert von 90° abweichen und in einem Bereich von z.B. 80° bis 100° liegen, wobei Winkel in diesem Bereich im Sinne der vorliegenden Erfindung als Winkel von im wesentlichen 90° angesehen werden. Dies gilt auch für den Winkel, um den die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares versetzt sind, der beispielsweise in einem Bereich von 40° bis 50° gewählt werden kann und folglich im wesentlichen 45° beträgt. Es ist jedoch zu beachten, daß die erzielte Offset-Kompensation der Hall-Sensoranordnung bei einer steigenden Abweichung von den als optimal erachteten Idealwinkeln, die 90° bzw. 45° betragen, abnehmen kann.

GEÄNDERTES BLATT

THIS PAGE BLANK

Die untereinander fest verschalteten Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B sind mit Schaltern S1, S2, S3, S4 verbunden, die jeweils zwischen vier Positionen, d.h. zwischen den Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4, umgeschaltet werden können. Mit den Schaltern S1, S2, S3, S4 können die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 in den einzelnen Meßphasen der Hall-Sensoranordnung als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} oder als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung U_{Hall} jeweils gemeinsam umgeschaltet werden.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung (nicht explizit dargestellt) kann darin bestehen, daß mehr als zwei Paare von Hall-Sensorelementen verwendet werden. Dabei sind auch in diesem Fall die Stromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen eines jeden Paares jeweils um im wesentlichen 90° zueinander gedreht. Auch hier müssen die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich und bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart sein, und können in der Gesamt-Sensoranordnung untereinander, nebeneinander oder in einer Diagonalen angeordnet sein. Die Stromrichtungen der mindestens zwei Hall-Sensorelementepaare sind jeweils untereinander um den Winkel von im wesentlichen $90^\circ/n$ gedreht, wobei n die Anzahl der insgesamt verwendeten Hall-Sensorelement-Paare ist, wobei gilt $n \geq 2$. Wenn beispielsweise drei Hall-Sensorelement-Paare verwendet werden, sind die Stromrichtungen der einzelnen Hall-Sensorelementepaare somit um einen Winkel von im wesentlichen 30° untereinander versetzt. Die Elementepaare der Sensoranordnung sind entweder nebeneinanderliegend oder in der Nebendiagonalen angeordnet, wobei sich die Hall-Sensorelemente paarweise möglichst nahe aneinander befinden.

Auch bei dieser Anordnung sind sowohl die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} (oder einer Versorgungsspannung) als auch die Kontaktelektroden zum Abgreifen der Hall-Spannung U_{Hall} parallel geschaltet angeordnet

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 9 -

und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet.

Durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen, siehe Fig. 1, oder auch mit mehreren Paaren von Hall-Sensorelementen entsteht aufgrund der geometrischen Platzierung der Hall-Sensorelemente bereits in jeder Meßphase ein vorkompensiertes Offset-Signal. So kann beispielsweise ein nachfolgender Verstärker mit einer höheren Verstärkung ausgeführt werden, weil derselbe nicht so schnell in eine Sättigung gehen kann. Der in den einzelnen Meßphasen noch enthaltene vorkompensierte Offset-Anteil der Sensorsignale wird durch die zyklische Umschaltung (z.B. Spinning-Current-Betrieb) der Betriebstromrichtungen und durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion der Signale der einzelnen Meßphasen während des Spinning-Current-Betriebs noch weiter reduziert, da die eingangs beschriebenen Offset-Anteile des Sensorsignals aufgrund von Inhomogenitäten oder von Verspannungen im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Dabei ist die angegebene geometrische Anordnung der Sensoren dahingehend von Vorteil, daß der Offset-Anteil eines einzelnen Hall-Sensorelements mit nur vier Anschlüssen kleiner ist als der eines Hall-Sensorelements mit einer anderen Geometrie, z.B. mit acht Kontaktelektroden. Daher verbleibt nach der zyklischen Umschaltung und Gewichtung ebenfalls ein kleinerer resultierender Offset-Anteil. Aufgrund der geometrischen Anordnung der Hall-Sensoranordnung und unter Verwendung des Spinning-Current-Verfahrens liefert die erfindungsgemäße Anordnung eine Hall-Spannung mit äußerst niedrigem Offset-Anteil, wobei die sich ergebende Hall-Spannung unabhängig von der beim Herstellungsprozeß der Hall-Sensoranordnung verwendeten Kristallrichtung bzw. von der Orientierung der Hall-Sensorelemente zu dieser Kristallrichtung ist.

Üblicherweise ist die Hall-Sensoranordnung als monolithisch integriertes Bauelement ausgeführt, wobei in dem Bauelement

THIS PAGE BLANK (USPTO)

neben der Hall-Sensoranordnung auch eine Stromversorgung für die Hall-Sensorelemente als auch eine elektronische Auswerteschaltungen für die Hall-Spannung untergebracht sein können. Die Herstellung dieser Schaltungsanordnung wird im allgemeinen unter Verwendung von üblichen Silizium-Halbleitertechnologien mit bekannten Bipolar- oder MOS-Herstellungsprozessen durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung können die bekannten Nachteile, die Silizium als Hall-Sensorelementmaterial zugeordnet sind, d.h. eine geringe Hall-Empfindlichkeit und der große Einfluß des Piezo-Effekts, der zu dem Offset-Anteil des Sensorsignals führt, als auch der Einfluß von Inhomogenitäten im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Parallelschaltung der jeweiligen Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der einzelnen Hall-Sensorelemente sind bei der vorliegenden Hall-Sensoranordnung insgesamt nur vier Ausgangsverbindungen vorgesehen, die ohne größeren Schaltungsaufwand für die einzelnen Meßphasen einfach umgeschaltet und mit der nachfolgenden Auswertelektronik verbunden werden können. Aufgrund dieser festen Verdrahtung ist es zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen hinsichtlich einer verbesserten Offset-Kompensation außerdem möglich, den erforderlichen Schaltungsaufwand gering zu halten, wodurch eine einfachere und damit kostengünstigere Herstellung dieser Hall-Sensoranordnungen gegenüber herkömmlichen Hall-Sensoren erreicht werden kann.

Im folgenden sind zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Konzepts einige weitere unterschiedliche Anordnungsmöglichkeiten für die Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung beispielhaft dargestellt. Es ist zu beachten, daß die Hall-Sensorelemente eines Paares untereinander jeweils geometrisch gleich sein müssen, wobei sich aber die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare in der Geometrie unterscheiden können. Dadurch kann eine weitere Optimierung für den jeweiligen Anwendungsfall bzw. den Anwendungsbereich der Hall-Sensoranordnung durchgeführt werden.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Patentansprüche

1. Hall-Sensoranordnung mit folgenden Merkmalen:

einem ersten (1A, 1B) und wenigstens einem weiteren Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen,

wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen zwei Anschlüsse (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und zwei Anschlüsse (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) derart angeordnet sind, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) gegenüber den Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist,

wobei jeweilige erste der als Meßanschlüsse dienenden Anschlüsse (K2) der Hall-Sensorelemente und jeweilige zweite der als Meßanschlüsse dienenden Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente zur Erfassung der Hall-Spannung (U_{Hall}) miteinander verbunden sind,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

wobei die Hall-Sensoranordnung ferner Schalter (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei die jeweiligen Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B) mit den Schaltern (S1, S2, S3, S4) verbunden sind, so daß die jeweiligen ersten und zweiten als die Versorgungsanschlüsse dienenden Anschlüsse (K1, K3) zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und die jeweiligen ersten und zweiten als die Meßanschlüsse dienenden Anschlüsse (K2, K4) zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) von einer Messung zu einer folgenden Messung so umschaltbar sind, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den Hall-Sensorelementen (1A, 1B, 2A, 2B) und die Hallspannungsabgriffrichtungen von einer Messung zu einer folgenden Messung um einen Winkel von im wesentlichen 90° drehbar sind,

wobei die Hall-Sensoranordnung ferner eine Steuereinrichtung aufweist, durch die die Schalter (S1, S2, S3, S4) so ansteuerbar sind, daß die Hall-Sensoranordnung im Spinning-Current-Betrieb zum Erzeugen eines Hall-Signals betrieben wird, wobei sich die Offsetspannungen der Hall-Sensorelemente bei einem Umlauf annähernd gegenseitig aufheben, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrigbleiben,

dadurch gekennzeichnet, daß

jeweilige erste der als Versorgungsanschlüsse dienenden Anschlüsse (K1) jedes Hall-Sensorelements (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) miteinander und einem ersten Anschluß einer gemeinsamen Spannungsquelle (U_{Betrieb}) verbunden sind, und jeweilige zweite der als Versorgungsanschlüsse dienenden Anschlüsse (K3) jedes Hall-Sensorelements miteinander und dem zweiten Anschluß der gemeinsamen Spannungsquelle (U_{Betrieb}) verbunden sind, so daß durch die gemeinsame Spannungsquelle (U_{Betrieb}) ein Betriebsstrom (I_{Betrieb}) für die Hall-Sensorelemente geliefert wird.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, bei der die ersten der als Versorgungsanschlüsse dienenden Anschlüsse (K1) durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind, die zweiten der als Versorgungsanschlüsse dienenden Anschlüsse (K3) durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind, die ersten der als Meßanschlüsse dienenden Anschlüsse (K2) durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind, und die zweiten der als Meßanschlüsse dienenden Anschlüsse (K4) durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind.
3. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich ausgeführt sind.
4. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare geometrisch unterschiedlich ausgeführt sind.

RECEIVED 01/17

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 1/4 -

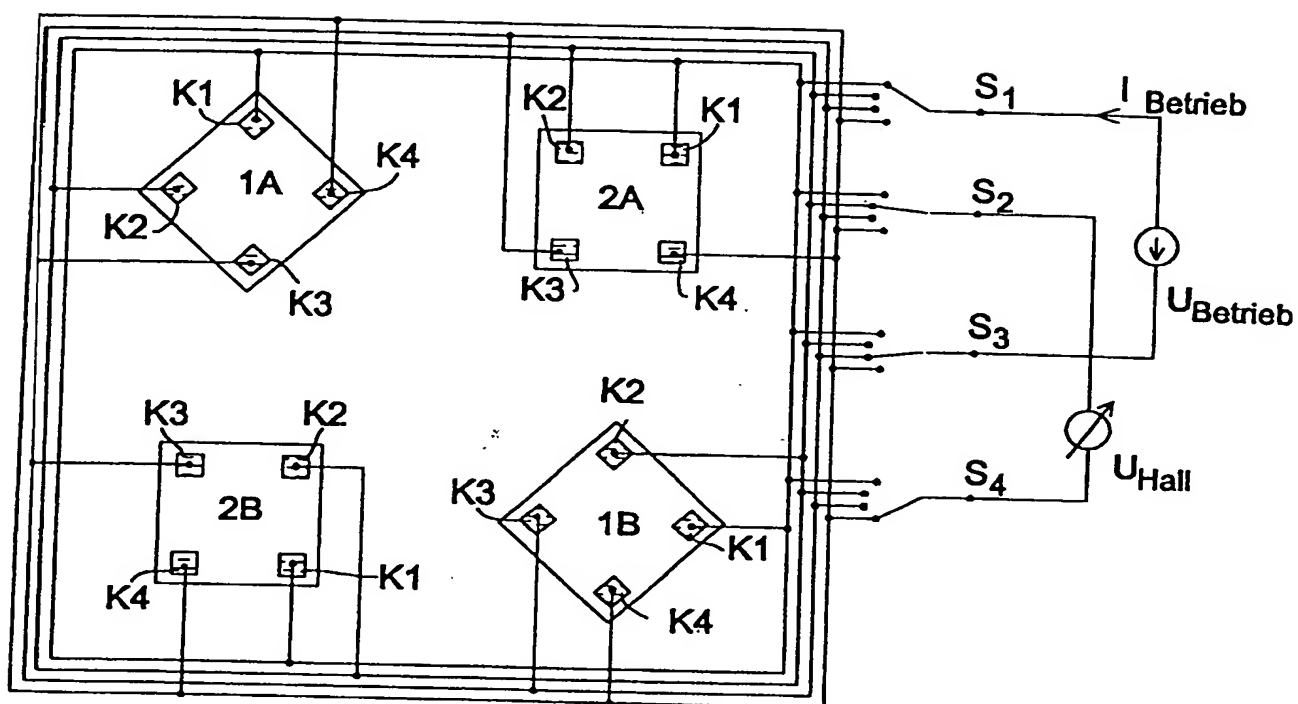


Fig. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts FH000901PCT	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/ 08805	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/09/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 09/09/1999
Anmelder FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG...		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

F Id III · WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung von Punkt 5 auf Blatt 1)

Die Zusammenfassung wird wie folgt geändert

Von Zeile 20 "Die ersten" bis Zeile 30 "meßbar ist." löschen

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R33/07

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 548 391 A (ITT IND GMBH DEUTSCHE) 30. Juni 1993 (1993-06-30) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 33 -Spalte 6, Zeile 1; Anspruch 16; Abbildungen 1,2,5 ---	1-3,5,6
A	US 4 668 914 A (KERSTEN PETER ET AL) 26. Mai 1987 (1987-05-26) Spalte 2, Zeile 66 -Spalte 3, Zeile 33; Abbildung 4 ---	1,6,7
A	US 5 747 995 A (SPIES ALFONS) 5. Mai 1998 (1998-05-05) Spalte 3, Zeile 41 -Spalte 4, Zeile 50; Abbildungen 3,4 --- -/--	1,2,6



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Dezember 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Swartjes, H

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 02 342 A (EL MOS ELEKTRONIK IN MOS TECHN) 29. Juli 1993 (1993-07-29) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-6,8

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/08805

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0548391 A	30-06-1993	DE 59108800 D JP 6011556 A KR 202774 B US 5406202 A	28-08-1997 21-01-1994 15-06-1999 11-04-1995
US 4668914 A	26-05-1987	DE 3346646 A FR 2557305 A GB 2151848 A,B JP 60227179 A	04-07-1985 28-06-1985 24-07-1985 12-11-1985
US 5747995 A	05-05-1998	DE 19536661 A AT 189306 T DE 59604278 D EP 0766066 A JP 9133550 A	03-04-1997 15-02-2000 02-03-2000 02-04-1997 20-05-1997
DE 4302342 A	29-07-1993	WO 9315413 A	05-08-1993

THIS PAGE BLANK (USPTO)